

Japan Patent Office  
Patent Laying-Open Gazette

Patent Laying-Open No. 2001-076347  
Date of Laying-Open: March 23, 2001  
International Classes: G11B 7/007  
7/00  
7/09  
7/24

(20 pages in all)

---

Title of the Invention: OPTICAL DISK, METHOD FOR  
REPRODUCING OPTICALLY  
RECORDED INFORMATION AND  
OPTICAL DISK DEVICE

Patent Appln. No. 11-208472  
Filing Date: July 23, 1999  
Priority Claimed: Serial No. 11-184604  
Filing Date: June 30, 1999  
Country: Japan (JP)  
Inventors: Hitoshi Takeuchi  
Junsaku Nakajima

Applicant: Sharp Kabushiki Kaisha

(transliterated, therefore the  
spelling might be incorrect)

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-76347

(P2001-76347A)

(43)公開日 平成13年3月23日 (2001.3.23)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマー(参考)
G 11 B 7/007		G 11 B 7/007	5 D 0 2 9
7/00	6 2 6	7/00	6 2 6 Z 5 D 0 9 0
7/09		7/09	C 5 D 1 1 8
7/24	5 6 3	7/24	5 6 3 E

審査請求 未請求 請求項の数35 O L (全 20 頁)

(21)出願番号 特願平11-208472  
(22)出願日 平成11年7月23日 (1999.7.23)  
(31)優先権主張番号 特願平11-184604  
(32)優先日 平成11年6月30日 (1999.6.30)  
(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000005049  
シャープ株式会社  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
(72)発明者 竹内 仁志  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
(72)発明者 中嶋 淳策  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内  
(74)代理人 100103296  
弁理士 小池 陸彌

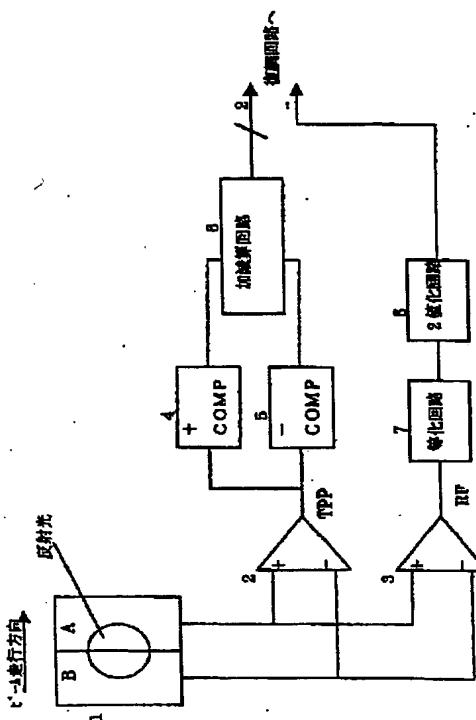
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光ディスク、光記録情報の再生方法および光ディスク装置

(57)【要約】

【課題】 記録密度の向上と共に、トラッキングを安定させ、多値データを正しく再生する。

【解決手段】  $0 < D_1 < \lambda / 4n$ かつ $\lambda / 4n < D_2 < \lambda / 2n$ を満たす2種類 ( $D_1$ 、 $D_2$ ) の深さをもつピットが形成された光ディスクを、ピットからの反射光量とタンジエンシャルピッシュル信号を組み合わせて再生する。ここで、 $\lambda$ は光の波長、 $n$ は基板の屈折率を表わす。



(2)

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に2種類(D1、D2)の深さをもつピットが形成された光ディスクであって、使用する光の波長をλ、光ディスクの基板の屈折率をnとしたとき、

$0 < D1 < \lambda/4n$ かつ $\lambda/4n < D2 < \lambda/2n$   
を満たすように構成されていることを特徴とした光ディスク。

【請求項2】 上記ピットの深さD1並びにD2が、  
 $\lambda/8n < D1 < \lambda/4n$ かつ $\lambda/4n < D2 < 3\lambda/8n$   
を満たすように構成されていることを特徴とする請求項1に記載の光ディスク。

【請求項3】 光ディスクの反射光量に基く信号と、ピットから得られるタンジェンシャルプッシュプル信号を組み合わせて記録データを再生することを特徴とした光記録情報の再生方法。

【請求項4】 光ディスク上のピットから得られるタンジェンシャルプッシュプル信号の極性に基き情報を再生する、請求項3に記載の光記録情報の再生方法。

【請求項5】 光ディスク上のピットから得られるタンジェンシャルプッシュプル信号の極性に基き3値の情報を再生する、請求項3に記載の光記録情報の再生方法。

【請求項6】 光ディスク上のピットから得られるタンジェンシャルプッシュプル信号を正負それぞれの極性で所定の基準値を越えた事を示す2組の第2の2値化信号に変換し、これら第2の2値化信号の各組を正負の信号として加減算し、その加減算の結果に基き情報を再生する、請求項3乃至請求項5に記載の光記録情報の再生方法。

【請求項7】 光ディスクの反射光量に基く信号を第1の2値化信号に変換すると共に、ピットから得られるタンジェンシャルプッシュプル信号を正負それぞれの極性で所定の基準値を越えた事を示す2組の第2の2値化信号に変換し、第1の2値化信号の変化点に於いて第2の2値化信号を観測して情報を再生する、請求項3乃至請求項5に記載の光記録情報の再生方法。

【請求項8】 請求項1乃至請求項2に記載の光ディスクを使用する、請求項3乃至請求項7に記載の光記録情報の再生方法。

【請求項9】 光ディスクの反射光量に基く信号と、ピットから得られるタンジェンシャルプッシュプル信号を組み合わせて記録データを再生することを特徴とした光ディスク装置。

【請求項10】 光ディスク上のピットから得られるタンジェンシャルプッシュプル信号の極性に基き情報を再生する請求項9に記載の光ディスク装置。

【請求項11】 光ディスク上のピットから得られるタンジェンシャルプッシュプル信号の極性に基き3値の情報を再生する請求項9に記載の光ディスク装置。

2

【請求項12】 光ディスク上のピットから得られるタンジェンシャルプッシュプル信号を正負それぞれの極性で所定の基準値を越えた事を示す2組の第2の2値化信号に変換し、これら第2の2値化信号の各組を正負の信号として加減算し、その加減算の結果に基き情報を再生する請求項9乃至請求項11に記載の光ディスク装置。

【請求項13】 光ディスクの反射光量に基く信号を第1の2値化信号に変換すると共に、ピットから得られるタンジェンシャルプッシュプル信号を正負それぞれの極性で所定の基準値を越えた事を示す2組の第2の2値化信号に変換し、第1の2値化信号の変化点に於いて第2の2値化信号を観測して情報を再生する請求項9乃至請求項11に記載の光ディスク装置。

【請求項14】 請求項1乃至請求項2に記載の光ディスクを用いる請求項9乃至請求項13に記載の光ディスク装置。

【請求項15】 主情報がピットの有無・長さ・幅あるいは位置の、少なくとも1つにより記録された部位を有する光ディスクを用いると共に、前記ピットの深さを検出し、前記検出したピットの深さに基いて主情報と共に記録されている付加情報を再生する、若しくは付加情報の存在を検出する光ディスク装置。

【請求項16】 前記付加情報が再生または検出出来ない時、前記主情報の再生を制限する請求項15に記載の光ディスク装置。

【請求項17】 前記付加情報が再生または検出出来ない時、以後の動作を制限する請求項15に記載の光ディスク装置。

【請求項18】 前記付加情報が再生または検出出来ない時、その旨を視覚的あるいは聴覚的に表示する、若しくは警告を発する、請求項15に記載の光ディスク装置。

【請求項19】 前記付加情報が再生または検出出来ない時、サーボ信号を実質的に遮断する請求項15に記載の光ディスク装置。

【請求項20】 前記付加情報が再生または検出出来ない時、前記光ディスクに対して情報の記録あるいは消去動作を試みる請求項15に記載の光ディスク装置。

【請求項21】 前記付加情報は同期信号、アドレス情報、スクランブルや暗号化の解除鍵、エラー訂正情報若しくはこれに類する前記主情報の再生に必要な情報である請求項15に記載の光ディスク装置。

【請求項22】 前記付加情報は音声、画像、文字情報、操作ガイド若しくはこれらに類する情報である請求項15に記載の光ディスク装置。

【請求項23】 前記付加情報が検出あるいは再生出来ない時、トラッキングサーボの極性を反転させる請求項15に記載の光ディスク装置。

【請求項24】 前記ピットが所定の深さより深いと検出した時、当該ピットが前記付加情報を有しているもの

(3)

3

と検出するあるいは前記付加情報を再生する請求項15に記載の光ディスク装置。

【請求項25】前記付加情報を有するピットの数、割合、出現間隔あるいは出現頻度を測定し、これらの値の1つあるいは複数が所定値以上であれば前記付加情報を検出したものとする請求項15乃至24に記載の光ディスク装置。

【請求項26】前記主情報の再生を行い、これが正常に再生出来ない、またはその内容から前記付加情報が記録されていると判断若しくは予想される際に、前記付加情報の検出あるいは再生を行う請求項15に記載の光ディスク装置。

【請求項27】前記主情報の再生を前記ピットに照射した光の反射光の光量を示す信号に基いて行うと共に、前記付加情報の再生に際しては前記反射光の前記ピットの列の接線方向における強度分布の差を示す信号を参照する請求項15あるいは請求項26に記載の光ディスク装置。

【請求項28】前記付加情報の再生をその記録の単位で行うと共に、前記主情報の記録の単位と同期させる事を特徴とした、請求項15、請求項21、あるいは請求項22に記載の光ディスク装置。

【請求項29】主情報がピットの有無・長さ・幅あるいは位置の、少なくとも1つにより記録されていると共に、前記ピットの深さにより、付加情報を記録した部位を有する光ディスク。

【請求項30】前記付加情報は同期信号、アドレス情報、スクランブルや暗号化の解除鍵、エラー訂正情報若しくはこれに類する前記主情報の再生に必要な情報である請求項29に記載の光ディスク。

【請求項31】前記付加情報は音声、画像、文字情報、操作ガイド若しくはこれらに類する情報である請求項29に記載の光ディスク。

【請求項32】前記付加情報を有する前記ピットが、所定の深さより深く形成されている、請求項29に記載の光ディスク。

【請求項33】前記付加情報を有する前記ピットの数、割合、出現間隔あるいは出現頻度の1つあるいは複数が所定値以上とした請求項29乃至請求項32に記載の光ディスク。

【請求項34】前記付加情報がスクランブルや暗号化の解除鍵若しくはこれに類するものであって、この内容が頻繁に変更されている、請求項29に記載の光ディスク。

【請求項35】前記付加情報の記録の単位を、前記主情報の記録の単位と同期させる事を特徴とした請求項29乃至請求項31に記載の光ディスク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は記録面の全面あるい

4

は一部に、あらかじめ凹凸形状を有するピットによって情報が記録された光ディスクにおいて、記録容量を増大させる手法と共に、その増大させた容量を用いて付加情報を記録する事で主情報の記録容量の減少を防ぎ、また記録した付加情報を有効に利用し得る技術を提供するものであって、より具体的にはピットの深さに情報を含ませた光ディスク及びその再生方法と光ディスク装置に関する。

【0002】

10 【従来の技術】従来の光ディスクは2値のデータをピットの有無に対応させる2値記録である。ディスクの高密度化を行うには、ピットの大きさを小さくして行き、また、それを読み取るためのレーザービームスポットも小さくしてゆくことが行われている。これ以外に、1つのピットに多値データを持たせるいわゆる多値記録も高密度化に有効な手段である。

【0003】例えば、特開昭58-215735号公報には、ピットの深さを複数段階に設定して反射光量を多段階に変えることで、多値データを記録するようにした光ディスクが提案されているが、この方法では、反射光量レベルの判定が難しく、再生データにエラーが多くなるという問題がある。これに対し、特開平5-205276号公報には、反射光量レベルとプッシュプル信号レベルを組み合わせて多値記録データを再生する方法が開示されている。

【0004】また、現在、CD、DVDに代表される、あらかじめ凹凸ピットを形成することで情報を記録した光ディスクは、主にピットの有無と、その長さで情報を表現するピット長記録と呼ばれる方法で情報を記録している。

【0005】図11に於いて、図示しないピックアップから光ディスク上に照射された光ビーム1101がピット131に差し掛かると、ピットによる光の干渉・回折現象により、反射光量は図11(a)のような変化を生じる。この反射光をフォトディオクタ上に集光し、電気信号として取り出し、所定のリファレンス電圧と比較して2値化すれば再生データ(b)を得る。これに基いてピット131の有無及びその長さを検出する事で、情報の再生を行なう事が出来る。これが従来のピット長記録された光ディスクの情報の再生原理である。

【0006】CDとDVDはその容量が大きく異なるが、これは、形成されているピットの大きさやピットの列であるトラックの密度によるものである。また用いられている対物レンズのNAと光の波長も異なり、CDでは対物レンズのNAは0.4前後、レーザー波長は780nmから830nm程度であるのに対し、DVDではNAは0.6、レーザーの波長は650nmが用いられ、光学系の違いで生じる光ビームの大きさにも差がある。

【0007】ところで光ディスクに記録される情報は、

(4)

5

最終的にユーザーが必要とする情報、即ち主情報と、主情報を効率的に再生したり、主情報の信頼性を高めるための付加情報とに分ける事が出来る。

【0008】主情報としては、音声、画像、文字などが挙げられる。付加情報には、効率的な再生を行うためのインデックス情報やナビゲーション情報、映画の字幕、副音声、主情報の信頼性を高めるための誤り訂正用の符号や、ディスク上の位置を示すアドレス情報などが挙げられる。また、近年、光ディスクの情報を不正にコピー出来ないようにする技術として、不正コピー防止用の情報をあらかじめ記録しておくといった技術や、主情報を保護用の情報を埋め込む、電子透かしと呼ばれる技術が検討されており、これらも付加情報と言える。

【0009】このような付加情報の存在により、光ディスクの総容量にしめる付加情報の割合は増える傾向にある。光ディスク上の記録容量に限りがある以上、付加情報の増大は主情報の減少を意味するわけであり、これを解決するには光ディスクの記録密度を高めて記録容量を増大させることが必要となってくる。

【0010】ところが、光ディスクの面記録密度を大きくするには、CDとDVDの容量差を説明した上記の理由により、より細かなピットを高密度に形成すると共に、これを再生するためにピックアップの光学系を変更し、より小さな光ビームスポットを作り出す必要が生じる。

【0011】これに対し、例えば特開平11-66607号公報に開示される技術がある。この技術は同公報の図1あるいは図3に記載の如く、通常の主情報をCD用の高密度のピットP0として記録すると共に、それが幾つか含まれる様な、大きく低密度のピットP1を重疊させて記録している。

【0012】そしてこの高密度のピットの情報（主情報）は同公報図2に記載のCD読み取り用光ヘッドH0から直径2 [μm] 程度の光ビームスポットを照射して再生すると共に、低密度の情報（付加情報）はスポット径の大きい低密度読み取り用光ヘッドH1から直径500

[μm] 程度の光ビームを照射する事で再生すると言うものである。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】ところが、特開平5-205276号公報で開示された方法では、反射光量を得るためのビームスポットとは別に、プッシュプル信号を得るためのビームスポットを用意する必要があり、2つのビームスポットが必要となる。1つのビームスポットで行うには、ビームスポットをトラック中心からずらせるか、もしくは、トラックをウォブルさせて相対的にビームとトラック中心の位置ずれを起こす必要がある。

【0014】このような場合、トラッキング制御が安定せず、トラックはずれや、再生エラーを招きやすいという問題がある。

6

【0015】また、特開平11-66607に開示されている技術では光ヘッド（ピックアップ）を2種類用意しなければならず、まず製造コストや装置寸法などの増大を招く上、付加情報を再生するための光ヘッド（ピックアップ）の制御も必要となる。また付加情報は大きなピットとして形成する事になるので、記録出来る付加情報量は小さく、付加情報の記録による主情報の記録容量の減少は回避し難い。

【0016】本発明は、係る問題を解決するためになされたものであり、記録密度の向上と共に、トラッキングを安定させ、多値データを正しく再生でき、また、新たな光ピックアップの必要性や、コストや装置寸法などの増大を招くこともなく、光ディスクの記録容量を増大させると共に、その増大した容量を用いて付加情報を記録する事で付加情報量の増大による主情報量の減少を防止し、更にはその付加情報を有効に利用する光ディスク、光記録情報の再生方法、並びに光ディスク装置を提供するものである。

【0017】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明は以下のような手段を講じた。

【0018】即ち、第1の手段に係る光ディスクでは基板上に2種類（D1, D2）の深さをもつピットが形成しており、かつ使用する光の波長をλ、光ディスクの基板の屈折率をnとしたとき、 $0 < D1 < \lambda/4n$ かつ $\lambda/4n < D2 < \lambda/2n$ を満たすように構成されている。

【0019】また、第2の手段に係る光ディスクでは、第1の手段に記載の光ディスクにおいて、上記ピットの深さD1並びにD2が $\lambda/8n < D1 < \lambda/4n$ かつ $\lambda/4n < D2 < 3\lambda/8n$ を満たすように構成されている。

【0020】また、第3の手段に係る光記録情報の再生方法は、光ディスクの反射光量に基く信号とタンジェンシャルプッシュプル信号を組み合わせて記録データを再生することを特徴としている。

【0021】また、第4の手段に係る光記録情報の再生方法では、第3の手段に記載の光記録情報の再生方法に於いて、光ディスクからの反射光量に基く信号の変化点におけるタンジェンシャルプッシュプル信号の極性に基き情報を再生する事を特徴としている。

【0022】次いで、第5の手段に係る光記録情報の再生方法では、第3の手段に記載の光記録情報の再生方法において、タンジェンシャルプッシュプル信号の極性に基き3値の情報を再生する事を特徴としている。

【0023】また、第6の手段に係る光記録情報の再生方法では、第3の手段乃至第5の手段に記載の光記録情報の再生方法において、上記光ディスク上のタンジェンシャルプッシュプル信号を正負それぞれの基準値を越えた事を示す2組の2値化信号に変換し、これら第2の2

(5)

7

値化信号の各組を正負の信号として加減算し、その加減算の結果に基づき情報を再生する事を特徴としている。

【0024】また、第7の手段に係る光記録情報の再生方法では、第3の手段乃至第5の手段に記載の光記録情報の再生方法において、上記光ディスクからの反射光量に基く信号を第1の2値化信号に変換すると共に、タンジェンシャルプッシュプル信号を正負それぞれの極性で所定の基準値を越えた事を示す2組の第2の2値化信号に変換し、第1の2値化信号の変化点に於いて第2の2値化信号を観測して情報を再生する事を特徴としている。

【0025】そして、第8の手段に係る光記録情報の再生方法では、第3の手段乃至第7の手段に記載の光記録情報の再生方法に於いて、第1の手段または第2の手段に記載の光ディスクを用いる事を特徴としている。

【0026】また、第9の手段に係る光ディスク装置では、光ディスクの反射光量に基く信号とタンジェンシャルプッシュプル信号を組み合わせて記録データを再生することを特徴としている。

【0027】また、第10の手段に係る光ディスク装置においては、第9の手段に記載の光ディスク装置であって、光ディスクからの反射光量に基く信号の変化点におけるタンジェンシャルプッシュプル信号の極性に基き情報を再生する事を特徴としている。

【0028】また、第11の手段に係る光ディスク装置では、第9の手段に記載の光ディスク装置に於いて、光ディスクからの反射光量に基く信号の変化点におけるタンジェンシャルプッシュプル信号の極性に基き3値の情報を再生する事を特徴としている。

【0029】また、第12の手段に係る光ディスク装置では、第9の手段乃至第11の手段に記載の光ディスク装置において、上記光ディスク上のタンジェンシャルプッシュプル信号を正負それぞれの基準値を越えた事を示す2組の2値化信号に変換し、これら第2の2値化信号の各組を正負の信号として加減算し、その加減算の結果に基づき情報を再生する事を特徴としている。

【0030】そして、第13の手段に係る光ディスク装置では、第9の手段または第10の手段に記載の光ディスク装置に於いて、上記光ディスクからの反射光量に基く信号を第1の2値化信号に変換すると共に、タンジェンシャルプッシュプル信号を正負それぞれの極性で所定の基準値を越えた事を示す2組の第2の2値化信号に変換し、第1の2値化信号の変化点に於いて第2の2値化信号を観測して情報を再生する事を特徴としている。

【0031】更に、第14の手段に係る光ディスク装置では、第9の手段乃至第13の手段に記載の光ディスクを用いる事を特徴としている。

【0032】また、第15の手段に係る光ディスク装置は、主情報がピットの有無・長さ・幅あるいは位置の、少なくとも1つにより記録された部位を有する光ディス

8

クを用いると共に、前記ピットの深さを検出し、前記検出したピットの深さに基いて主情報と共に記録されている付加情報を再生する、若しくは付加情報の存在を検出する事を特徴としている。

【0033】第16の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置であって、前記付加情報が再生または検出出来ない時、前記主情報の再生を制限する事を特徴としている。

【0034】第17の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置であって、前記付加情報が再生または検出出来ない時、以降の動作を制限する事を特徴としている。

【0035】第18の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置であって、前記付加情報が再生または検出出来ない時、その旨を視覚的あるいは聴覚的に表示する、若しくは警告を発する事を特徴としている。

【0036】第19の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置であって、前記付加情報が再生または検出出来ない時、サーボ信号を実質的に遮断する事を特徴としている。

【0037】第20の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置であって、前記付加情報が再生または検出出来ない時、前記光ディスクに対して情報の記録あるいは消去動作を試みる事を特徴としている。

【0038】第21の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置であって、前記付加情報は同期信号、アドレス情報、スクランブルや暗号化の解除鍵、エラー訂正情報若しくはこれに類する前記主情報の再生に必要な情報である事を特徴としている。

【0039】第22の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置であって、前記付加情報は音声、画像、文字情報、操作ガイド若しくはこれらに類する情報である事を特徴としている。

【0040】第23の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置であって、前記付加情報が検出あるいは再生出来ない時、トラッキングサーボの極性を反転させる事を特徴としている。

【0041】第24の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置であって、前記ピットが所定の深さより深いと検出した時、当該ピットが前記付加情報を有しているものと検出するあるいは前記付加情報を再生する事を特徴としている。

【0042】第25の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段乃至第24の手段に記載の光ディスク装置であって、前記付加情報を有するピットの数、割合、出現間隔あるいは出現頻度を測定し、これらの値の1つあるいは複数が所定値以上であれば前記付加情報を検出したものとする事を特徴としている。

(6)

9

【0043】第26の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置であって、前記主情報の再生を行い、これが正常に再生出来ない、またはその内容から前記付加情報が記録されていると判断若しくは予想される際に、前記付加情報の検出あるいは再生を行う事を特徴としている。

【0044】第27の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段あるいは第26の手段に記載の光ディスク装置であって、前記主情報の再生を前記ピットに照射した光の反射光の光量を示す信号に基いて行うと共に、前記付加情報の再生に際しては前記反射光の前記ピットの列の接線方向における強度分布の差を示す信号を参照する事を特徴としている。

【0045】そして、第28の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段、第21の手段、あるいは第22の手段に記載の光ディスク装置であって、前記付加情報の再生をその記録の単位で行うと共に、前記主情報の記録の単位と同期させる事を特徴としたものである。

【0046】また、第29の手段に係る光ディスクは、主情報がピットの有無・長さ・幅あるいは位置の、少なくとも1つにより記録されていると共に、前記ピットの深さにより、付加情報を記録した部位を有するものである。

【0047】第30の手段に係る光ディスクは、第29の手段に記載の光ディスクであって、前記付加情報は同期信号、アドレス情報、スクランブルや暗号化の解除鍵、エラー訂正情報若しくはこれに類する前記主情報の再生に必要な情報である事を特徴としている。

【0048】第31の手段に係る光ディスクは、第29の手段に記載の光ディスクであって、前記付加情報は音声、画像、文字情報、操作ガイド若しくはこれらに類する情報である事を特徴としている。

【0049】第32の手段に係る光ディスクは、第30の手段に記載の光ディスクであって、前記付加情報を有する前記ピットが、所定の深さより深く形成されている事を特徴としている。

【0050】第33の手段に係る光ディスクは、第29の手段乃至第32の手段に記載の光ディスクであって、前記付加情報を有する前記ピットの数、割合、出現間隔あるいは出現頻度の1つあるいは複数が所定値以上とした事を特徴としている。

【0051】第34の手段に係る光ディスクは、第29の手段に記載の光ディスクであって、前記付加情報がスクランブルや暗号化の解除鍵若しくはこれに類するものであって、この内容が頻繁に変更されている事を特徴としている。

【0052】そして、第35の手段に係る光ディスクは、第29の手段乃至第31の手段に記載の光ディスクであって、前記付加情報の記録の単位を、前記主情報の記録の単位と同期させる事を特徴としたものである。

10

【0053】

【発明の実施の形態】以下、本発明を適用した具体的な実施例について、図面を参照しながら詳細に説明する。

【0054】波長650nmのレーザー光とNA0.6のレンズからなる光学系を用いて、トラックピッチ(グループとグループの間隔=Wg+Wl=)0.74μmで、様々なピット深さをもつディスクに対して実験を行った。

【0055】ディスク基板には屈折率1.5のポロカーボネートを用い、反射膜はAlとした。2種類のピット深さをもつディスクは、米国特許5246531やカナダ特許2062840に示された方法を用いることで作製した。また、トラッキングはDifferentia1 Phase Detection (DPD) 法を用い、トラック中心をビームスポットが走行するようにしている。

【実施形態1】本発明の第1の実施形態を図1乃至図5を用いて説明する。

【0056】図1は、ピット深さとタンジェンシャルッシュブル信号振幅、及び、RF信号振幅の関係を表したものである。横軸はピットの深さであって、使用する光の波長を基準として表わしているが、この実験では、 $\lambda/8n = 54\text{nm}$ 、 $\lambda/4n = 108\text{nm}$ 、 $3\lambda/8n = 162\text{nm}$ 、 $\lambda/2n = 216\text{nm}$ である。

【0057】RF信号振幅はピット深さが $\lambda/4n$ のとき最大値をとり、図1の右側の縦軸はこの値を1として規格化している。タンジェンシャルッシュブル(TPP)信号振幅はピット深さが $\lambda/8n$ のとき最大となり、図1の左側の縦軸はこの時の値を1として規格化して示している。

【0058】TPP信号はピット深さ $\lambda/4n$ を境にして、その極性が反転するが、それを表わすために、図1では、 $\lambda/4n < \text{ピット深さ} < \lambda/2n$ の領域でTPPの値を負にとっている。

【0059】次にTPP信号とRF信号について図2と図3で説明する。図2(a)は、ピット上をビームスポットが走行しており、図2(b)は、その反射光が2分割受光素子A、Bで構成されるディテクターに導かれている様子を示している。TPP信号とRF信号はこの2分割受光素子A、Bの出力を用いて、以下の演算により、求められる。

$$TPP = A - B$$

$$RF = A + B$$

図1において、D1(80nm)、D2(135nm)で表わされる深さのピットを作製し、それに対応したRF信号とTPP信号の現われ方を図3を用いて説明する。

【0060】なお、ここで $\lambda = 650\text{nm}$ 、 $n = 1.5$ であるから、 $D1 < \lambda/4n$ 、 $\lambda/4n < D2$ となってい

(7)

11

【0061】RF信号はビームスポットを光ディスクたるディスクに照射した際に受光素子A、Bに戻って来る光量の総和信号である。ビームスポットがピット上に位置する時点では、光はピットによる回折の影響を受け、受光素子への戻り光量（反射光量と言えても良い）が少なくなるため、RF信号のレベルは低下する。

【0062】一方、TPP信号は、ビームスポットを光ディスクたるディスクに照射した際に、その反射光のピットの長さ方向（タンジェンシャル方向）における光量の偏りを示す信号である。ビームスポットがピットのエッジに差し掛かると、光の回折方向はピットの長さ方向に偏り、その偏る方向はピットの前後何れのエッジであるかによって相違するため、受光素子A、Bの出力の差を求めるとき、ピットの前・後のエッジで極性が異なるパルス状の信号が得られる。

【0063】但し、ピットの前後エッジでどちらの極性の信号が現れるかはピットの深さにも依存しており、上記の条件を満たす深さD1のピットでは、ピットの前エッジでは正方向、後エッジでは負方向に信号が出るのに対し、深さD2のピットでは、その逆となる。

【0064】このようにピットの前後エッジでの信号の出方がD1とD2では反転しており、これを先の図1に於いてはタンジェンシャルパルス信号の極性が異なると表現している。

【0065】再度図1を参照すると、上記の条件を満たす深さD1並びにD2のピット双方ではRF信号振幅、TPP信号振幅の絶対値はほぼ同等であり、TPP信号の極性のみが異なることになる。

【0066】以下に、RF信号とTPP信号を用いて多値データを再生する方法、及びその装置の主要部の構成について図4並びに図5を用いて説明する。図4は再生装置の主要部の構成を示すブロック図であり、図5は再生する方法や動作、その際の波形やタイミングを説明する図である。

【0067】まず、図5(a)に示すように配置されたピットを再生する場合を考える。この図5ではピット深さは左から順にD1、D2、D1となっている場合を想定している。受光素子A、Bからなるディテクター1からの出力は差動アンプ2により両者の差が求められてTPP信号（図5(c)）となる一方、加算アンプ3により総和が求められRF信号（図5(b)）となる。

【0068】RF信号は等化回路7により特に短いピットからの再生信号に対する周波数特性の補正等が行われ、2値化回路8により2値化された後（図5(d)）、図示しない復調回路へ送られる。

【0069】一方、TPP信号はコンパレーター4により、正の基準値と比較され、基準値より大きい（符号が正で絶対値が大きい）場合に、加減算回路6へパルス（+1）が outputされる（図5(e)）。同様にコンパレーター5により、負の基準値と比較され、負の基準値よ

12

り小さい（符号が負で絶対値が大きい）場合に、加減算回路6へパルス（-1）が outputされる（図5(f)）ようになっている。加減算回路6ではコンパレーター4、5からのパルスを加算して、-1、0、+1の3状態を2ビットの出力信号（図5(g））として復調回路へ導く。

【0070】即ち、加減算回路6ではタンジェンシャルパルス信号からコンパレーター4、5により2値化された2組のパルス信号を演算（この例ではその極性も含めて加算）している事になり、その加減算の結果を以って、ピット部ではそのピット深さ（換言すればタンジェンシャルパルス信号上の正負パルスの出る順序）に応じて-1と+1の2状態を復元・再生出来ることになり、またピットが形成されていない非ピット部では0と言う状態が復元出来、ピットの有無と深さによって合計3値の記録情報の再生が可能となる。従って従来の所謂2値記録した場合に比べて、光ディスク上の情報の記録密度を大幅に向上させる事が可能である。

【0071】因みに従来の2値記録再生と同様な記録情報の再生を行うためには、ピットの深さを全て同一のものとすれば良い。先の図5を参照すれば、例えば深さD1のピットではビームスポットがその前エッジに差し掛かった場合にはタンジェンシャルパルス信号（TPP信号）（図5(c)）は正、後エッジで負に出現するので、図5(e) (f) のパルスを符号を含めて加算して行けば、ピット部では+1、非ピット部では0の状態が得られる事になる。

【0072】更に換言すれば本発明における、この記録情報の再生方法あるいは装置では、ピットの深さが同一である従来の2値記録された光ディスクに対しては2値化情報を、深さを異ならせた新たな光ディスクに対しては3値化情報をそれぞれ復元・再生出来る事になり、従来の2値化記録された光ディスクに対する互換性も維持する事が可能である。

【0073】ここで説明したように、RF信号と、TPP信号を組み合わせて多値記録を行うには、TPP信号の極性が反転する深さ $\lambda/4n$ を挟んで2種類の深さD1、D2のピットを光ディスクに形成すれば良く、D1、D2の条件としては、図1から判るように、 $0 < D1 < \lambda/4n$ かつ $\lambda/4n < D2 < \lambda/2n$ を満たすように構成されればよい。

【0074】更に、図1からこのD1、D2の範囲をより限定し、 $\lambda/8n < D1 < \lambda/4n$ かつ $\lambda/4n < D2 < 3\lambda/8n$ とすればRF信号、TPP信号共にバランス良く、振幅を大きく得られることが読み取れる。

【0075】即ち、より大きな振幅の信号を得ることでその信号品質を向上させ、記録されている情報を再生する際のエラーを低減することが可能となる。

(8)

13

【0076】また、従来のピット深さが一定の光ディスクでも2値の情報の再生が可能である事は既に述べたが、上記の様にピット深さを設定した光ディスクを用いるとピットの深さによって3値の情報再生が可能であり、更にその深さをより限定するとRF信号・TPP信号共にバランス良く大きな振幅で得る事が出来るので信号品質が向上し、情報を再生する際のエラーが低減出来てなお好適である。

【実施形態2】先の第1の実施形態ではタンジェンシャルプッシュプル信号(TPP信号)の正負に応じた2組の2値化信号を生成し、その加減算結果から記録されている情報の再生を行うものを示した。しかし同じ光ディスク上の情報を別の手法・構成によっても同様に再生する事は可能である。

【0077】まず先の図5に戻り、RF信号(b)の2値化信号(d)と、TPP信号(c)を正負それぞれの基準値で2値化した信号(e)(f)の関係に注目すると、(d)の変化点における(e)または(f)の出現タイミングはほぼ同一であり、しかも

(1) (d)の立ち下がりで(e)が出現すれば、再生情報は+1

(2) (d)の立ち下がりで(f)が出現すれば、再生情報は-1

(3) (d)の立ち上がりでは、再生情報は常に0とすれば、先の実施例1と全く同様の再生情報が得られる事が判る。図6はこの手法・考え方により同じ情報を再生するための再生装置の主要部の構成を示している。

【0078】構成は先の第1の実施形態における図4とほぼ同等であるが、加減算回路6に代わってラッチ9、10が設けられている。これらラッチ9、10の入力としてはコンパレーター4、5から出力されるパルス(図5における(e)(f))が与えられており、RF信号を2値化した信号(図5における(b))の立ち下がりでこれら入力をラッチして出力する一方、立ち上がりではこれらの入力に関わらずラッチ9、10はクリアされて0を出力される様に構成されている。

【0079】これらラッチ9、10の出力はRF信号の2値化した信号(2値化回路8の出力)と共に、図示しない復調回路に与えられ、復調回路はラッチ9の出力が1となっていれば再生した情報は+1、ラッチ10の出力が1となっていれば再生した情報は-1、ラッチ9、10双方の出力が0であれば再生した情報は0として判断すれば良い。

【0080】なおこの第2の実施形態に於いても、使用する光ディスクのピット深さは第1の実施形態で述べたものが好適であるのは当然であり、メリットもそのまま享受出来る。

【0081】本実施形態では、650nm波長、NA0.6の光学系を用いたが、本発明の効果は光学系に制限されるものではないことは自明である。さらに、ピッ

(14)

ト深さの値は、上記実施例で示した値に限定されるものではなく、本発明の主旨に従えば、請求項に述べた範囲の幅で様々な組み合わせが可能であることは言うまでもない。

【実施形態3】本発明の第3の実施形態を、以下図7乃至図10を参照して行う。

【0082】本発明における情報の再生原理は、図11を用いて説明した従来の再生原理とは幾分異なるものであるので、まずこれについて説明を行う。

【0083】図7は本発明における情報再生の基本原理を示したものである。本発明に於いては光ディスクに形成された凹凸形状を有するピットの深さを変える事で、ピット長さに加えてピット深さにも情報を与えたものであって、特にその深さは浅いものと深いものの2種類に区分される。

【0084】使用する光の波長を $\lambda$ 、光ディスク基板の屈折率をnとした時、図7に於いてピット131は深さが $(\lambda/6n)$ 程度の比較的浅いピットであり、斜線で表したピット132は深さが $(\lambda/3n)$ 程度の比較的深いピットであって、それぞれの深さは、

$$0 < (\text{ピット131の深さ}) < \lambda/4n$$

かつ

$$\lambda/4n < (\text{ピット132の深さ}) < \lambda/2n$$

を満たすように構成されている。

【0085】これらのピット列を光ビーム1101にて図7中の矢印の方向に走査した場合、先に図11でも説明した様にピットで光の干渉が生じ、反射光量も変化するためフォトディテクタへの入射光量の総和信号(a)はピットの有無に応じたレベル変化を示し、これを2値化することで総和信号2値化信号(c)を得る。ピットの長さは、この総和信号2値化信号(c)より判別することが出来るが、これは図11で説明した従来の光ディスクの再生原理と全く同じである。

【0086】次に、フォトディテクタへの入射光(言い換えれば光ディスクからの反射光)を、光ビームの進行方向で前後半部に分けてその光量差を求めた信号である、タンジェンシャルプッシュプル信号(b)に注目する。ピットに光ビームが差し掛かり、あるいは抜け出す瞬間を考えると、光ビームの前半あるいは後半部分のみがピット上に位置する事になるので、その反射光の強度分布には前後方向で差が生じ、その差を求めたタンジェンシャルプッシュプル信号は光ビームがピットに差し掛かりあるいは抜け出す瞬間、換言すればピットのエッジ部でパルス状の信号を発生する事になる。

【0087】このタンジェンシャルプッシュプル信号の極性は幾つかの要因により変動するが、その1つはピットの深さである。この図7では便宜上、浅いピット131では前エッジ(光ビーム1101がピットに差し掛けた瞬間)で正のパルスが発生し、後エッジ(光ビーム1101がピットから抜け出す瞬間)で負のパルスが発

(9)

15

生するのに対し、深いピット132では、前エッジで負のパルスが発生し、後エッジで正のパルスが発生するものとしている。

【0088】この現象は反射光のピットによる干渉、あるいは回折パターンがピット131、132の深さにより反転するためであり、ピット131、132の深さによりタンジェンシャルプッシュプル信号の極性が反転していると表現する事も出来る。

【0089】このタンジェンシャルプッシュプル信号の極性を検出することで、ピットの深さを検出することが可能となり、換言すればピット深さに情報を含ませることが可能となる。

【0090】このタンジェンシャルプッシュプル信号を正負の基準値と比較し、正方向の所定のレベルを超えた時にタンジェンシャルプッシュプル信号正極性検出信号(d)を発生させると共に、負方向に絶対値が所定のレベルを超えた時にタンジェンシャルプッシュプル信号負極性検出信号(e)を発生させる様にすれば、これらと上記総和信号2値化信号(c)とを組み合わせることでピット深さ検出信号(f)が得られる。即ち、総和信号2値化信号(c)の立ち下がりの時点で(d)、立ち上がりの時点で(e)にパルスが観測されれば深いピットであり、逆であれば深いピットであると判断する事が出来る。

【0091】続いて、本発明の第3の実施形態について以下図8乃至図10を参照して説明する。

【0092】図8は本発明にかかる光ディスク装置の、主情報並びに付加情報を再生する部位の構成の例を示すブロック図である。

【0093】図8において、光ディスクからの反射光101はフォトディテクタ102上の中心に集光される。フォトディテクタ102はピット列の接線方向の分割線と、光ディスク半径方向の分割線で4つの素子a, b, c, dに分割されており、それぞれの部分は入射する光量に比例した信号を出力する。加算回路103-1は、ビーム進行方向に対して後側に位置する素子b, cの和信号(b+c)を出力し、加算回路103-2は、ビーム進行方向に対して前側に位置する素子a, dの和信号(a+d)を出力する。また、加算回路4は4つの素子の出力の総和(a+b+c+d)を出力する。

【0094】加算回路103-1、103-2の出力は差分回路105に入力され、その結果が反射光の前後半部、即ちピットの列の接線方向における強度分布の差を示すタンジェンシャルプッシュプル信号となり、コンパレータ106-1、106-2に入力される。コンパレータ106-1、106-2はそれぞれあらかじめ決められたリファレンス電圧+Ref1、-Ref1とタンジェンシャルプッシュプル信号を比較し、+Ref1に比べてタンジェンシャルプッシュプル信号の振幅が大きい場合にはコンパレータ106-1が“H”を、-Ref

16

f1に比べてタンジェンシャルプッシュプル信号の振幅が負方向に絶対値が大である場合にはコンパレータ106-2が“H”を付加情報再生回路8に出力する。また加算回路104の出力はコンパレータ107にてリファレンス電圧+Ref2と比較され、その結果である2値化信号は主情報再生回路109及び付加情報再生回路108、並びに光ディスク装置の動作を制御するコントローラ110に出力される。

【0095】コントローラ110は主情報再生回路109やサーボ制御部111、表示部112などの制御を行う。

【0096】前述のように、タンジェンシャルプッシュプル信号は、ピットの深さによって反転する。そこで、例えば、タンジェンシャルプッシュプル信号が深いピットの前エッジで正のパルス、後エッジで負のパルスを出するような回路構成にした場合、深いピットを再生すると、タンジェンシャルプッシュプル信号はピットの前エッジでは負のパルス、後エッジでは正のパルスを出力することになる。付加情報再生回路108はこの原理に基づいてピットの深さを検出し、深さによって記録された情報の再生を行なう。

【0097】図9には付加情報再生回路108のより具体的的な構成を示している。コンパレータ107の出力信号はエッジ検出回路183に入力される。エッジ検出回路183はコンパレータ107の出力信号の立ち下がりエッジ、すなわちビームスポットがピットの前エッジに差し掛かったことを検出し、パルスを出力する。この出力パルスはNAND回路181の入力の1つとFF回路182のクロック入力、及びカウンタ回路185に入力される。

【0098】NAND回路181の他方の入力にはコンパレータ106-1の出力が入力されており、NAND回路181の出力はFF回路182のReset入力に接続されている一方、コンパレータ106-2の出力は、FF回路182のデータ入力端子Dに接続されている。FF回路182の出力Qはデータ復元回路184に接続されており、データ復元回路184はこれに基き付加情報を復元・再生する。

【0099】またカウンタ185もFF回路182の出力Qに接続されており、これと先のエッジ検出回路183からの信号に基いて、深いピットを検出した回数や頻度をカウントするものであるが、これについては別途後述する。

【0100】FF回路182の出力Qやデータ復元回路184、並びにカウンタ185もコントローラ110に接続されているが、これらについても後に説明する統いて図10を参照してその動作タイミングを説明する。なお図中最上段に示したピットの内、131は深いピット、132は深いピットである。

【0101】光ビーム1101がこの上を通過するに従

(10)

17

い、その反射光量を表した、加算回路104の出力信号(a)はピットの有無に応じたレベル変動を示し、タンジェンシャルプッシュプル信号(b)はピットのエッジ、換言すれば加算回路の出力信号(a)がレベル変化をする時点に於いて、その深さに応じた極性のパルス信号となる。

【0102】コンパレータ107の出力(c)、コンパレータ106-1の出力(d)及びコンパレータ106-2の出力(e)はそれぞれ前述した通り、加算回路104の出力即ち反射光量に基く信号、並びにタンジェンシャルプッシュプル信号の正負方向における2値化信号である。

【0103】エッジ検出回路183はピットの前エッジ、即ちコンパレータ107の出力(c)の立ち下がりに於いて(f)の様にパルスを出力する。光ビーム1101が浅いピット131に差し掛かると、コンパレータ106-1の出力(d)が“H”となるため、NAND回路181の出力(g)には“L”レベルのパルスが出力されてFF回路182をリセットし、FF回路182の出力であるQ端子(信号は図10の(h))は“L”となって、再生されたピットが浅いピットである事を表示する。

【0104】一方光ビーム1101が深いピット132に差し掛かると、コンパレータ106-2の出力(e)が“H”となるため、FF回路182のデータ入力端子Dは“H”になり、FF回路182はクロック入力であるエッジ検出回路183の出力パルスが入力されたときに、その出力であるQ端子(信号は図10の(h))は“H”となって、深いピットである事を表示する。

【0105】データ復元回路184は、このFF回路182の出力Qと、エッジ検出回路183からピット毎に得られる信号を利用してピット深さによって記録された付加情報の復元・再生、あるいは付加情報の存在の有無の検出を行い、その結果をコントローラ110へと出力し、コントローラ110はその結果に応じて光ディスク装置各部の動作を制御する。

【0106】従って光ディスク装置としてはその付加情報により各種の動作を制御する事が出来る一方、光ディスクはそれら付加情報を記録しても主情報の記録容量は減少せず、総合的に見た記録容量は増大する事になる。

【0107】なお上記の説明では主情報はピットの有無と長さによって記録されているものを説明したが、ピットの幅や位置、若しくはこれらの少なくとも1つにより主情報が記録されている光ディスクであれば、換言すればピットが形成されている光ディスクであれば、その深さによりタンジェンシャルプッシュプル信号の極性は変化するので、本発明の技法は適用可能である。

【0108】この様に構成された光ディスク装置に、ピットの深さを意図的に変えではない従来の光ディスクを装着して再生させた場合、タンジェンシャルプッシュ

(10)

18

プル信号の極性は各ピットで同じ変化を示す。従ってFF回路182の出力(図10の(h))は“H”あるいは“L”レベルの何れかに固定され、当然ながらピットの深さに基く有意な付加情報の再生は行えないが、主情報はピットの有無や長さによる反射光量の変化に基いて再生が行える。具体的には図8中でコンパレータ107の出力から主情報再生回路9が主情報の再生・復号を行う。そしてその主情報の再生に際して、ピットの深さによる付加情報が必要無ければ、そのまま主情報の再生を行えば良い。具体的には、例えば主情報が暗号化されて記録されておらず、復号・再生に際して別段解読鍵情報が不要な光ディスクを再生する様な場合がこれに該当する。

【0109】従って本発明の光ディスク装置では、従来の光ディスクに対する再生互換性も持たせる事が出来る。

【0110】即ち、最初は従来の光ディスクを再生する光ディスク装置と同様に、まず主情報の再生を行い、主情報が正常に再生出来ない、あるいは主情報の内容から付加情報の存在が判断若しくは予想される際に、付加情報の再生を行う様にしても良い。

【0111】この様にすれば、従来の光ディスクに対する再生の互換性を保ち得ると共に、主情報が正常に再生出来る様であれば、当面動作が不要である付加情報の再生に関連するブロックの電源をコントローラ110の制御によってOFFする事も出来、消費電力の削減にも有効である。

【0112】また上記説明した光ディスク装置の構成は、主情報は反射光の光量を示す信号に基いて再生すると共に、付加情報は照射した光ビームの反射光の、ピットの列の接線方向における強度分布の差を示す、タンジェンシャルプッシュプル信号を参照して再生する構成である。

【0113】従って主情報の再生に際しては前述通り、従来の光ディスクに対する再生互換性を有する一方、このタンジェンシャルプッシュプル信号はピットの深さが既述の( $\lambda/4n$ )を境にして出現するパルスの極性が明確に反転するため、確実に深さの相違を判別し得る他、そのための回路も簡単な構成で良い。

【0114】またこの様な従来の光ディスクでは、反射光量の変化、言い換えれば主情報を得るための再生信号の振幅やS/Nがある程度得られれば、ピットをそれ以上に深く形成する必要は無い。従って付加情報を記録した光ディスクでは、ピットの深さを従来の光ディスクにおけるものや、付加情報を含ませないピットよりも深く形成すると共に、光ディスク装置としてはピットが深いと判断されれば付加情報が存在すると検出・判断したり、あるいはその付加情報を再生する事とすれば良い。

【0115】必ずしも光ディスク上の全てのピットに付加情報を持たせる必要は無いので、上記の様に付加情報

(11)

19

を有するピットだけを深く形成する事は、光ディスク自体の生産性の上でも有利である。

【0116】また光ディスク装置としても、ピットが深いと言う事を検出した時点で、従来の光ディスクと、ピット深さに付加情報を持たせた光ディスクとを容易に判別する事が可能となる。

【0117】ところで先の図9を参照すると、データ復元回路184と同様、カウンタ185にもエッジ検出回路183からの信号とFF回路182の出力Qが接続されているが、これは先述の通り深いピットに於いてFF回路182の出力Qが“H”になるので、その区間あるいは回数・頻度、若しくは変化の回数等をエッジ検出回路183からピット毎に得られる信号で計測するためのものである。

【0118】単純な用途に付加情報を用いる場合、例えば深いピットが所定の割合以上含まれているか否かだけが判れば良い様な場合に於いては、先のデータ復元回路184で付加情報の復元を行うまでも無く、このカウンタ185の値をコントローラ110で読み取る様にしても良い。こうすれば付加情報を有するピットの数や割合、出現間隔あるいは出現頻度を測定し、その結果が所定値以上であれば付加情報を検出したと判断する事が出来、ピットの深さ形成に多少乱れやばらつきがあった場合に於いても、少なくともそれが付加情報を有する光ディスクであるか否かの判定が行える。

【0119】あるいはカウンタ185の値が所定値以上である場合にのみ、データ復元回路184に付加情報の復元・再生を行わせたり、コントローラ110に復元された付加情報の解読などを行わせる様にしても良い。

【0120】また使用される光ディスクに於いても、この様に付加情報を有するピットの数や割合、出現間隔や出現頻度が所定値以上となる様に製造しておけば、それを検出して付加情報の有無を判断させる事が出来る。同時にピットの深さ形成に乱れやばらつきが有ったとしても、付加情報の有無だけは正しく判断しやすくなる。

【0121】ところでデータ復元回路184はピット深さ検出結果であるFF回路182の出力から付加情報を再生する事ができる。この場合、ピット1つにつき付加情報がその深さに応じて1ビット割り当てられることになるため、ピット1つ毎に出力されるエッジ検出回路の出力パルスが、付加情報の1ビット毎に対応したクロックを表すことになる。

【0122】一般的に、光ディスクではピットの出現頻度及び長さは、比較的長い時間に渡って平均すると一定の値になるが、この値は変調等によって決定するため既知の値である。したがって、この値に応じて光ディスクに記録する付加情報の一単位の情報量を規定し、主情報の記録単位と関連付けると共に、光ディスク装置側ではその一単位の情報を抽出することで、主情報と付加情報の同期をとることも可能である。この場合、例えば主情

20

報の映画画像に対して付加情報を字幕したり、主情報を地図や風景画像に対して付加情報を観光案内の音声や文字情報とする事で、主情報の内容に適合した付加情報を再生する事が出来る。

【実施形態4】本発明の第4の実施形態を以下説明する。本実施例では先の実施例に於いて説明した付加情報を、主に不正なコピーに対する防御・対抗策として用いる例を説明する。

【0123】良く知られている様に、光ディスクとしてはピットで情報が記録された再生専用のものばかりでは無く、反射率が異なるマークを形成する事で記録可能なものもあり、例えば色素や相変化材料を用いたタイプのものが挙げられる。これらも照射した光ビームに対して、その記録マークの反射光量の変化に基き、ピットで記録された光ディスクと同様に再生を行う事は可能である。

【0124】しかし記録可能な光ディスクと言っても、記録マークの有無や長さの記録は可能であるが、ピットの深さに相当する情報を記録する事は不可能である。従って元の光ディスクにピット深さによる付加情報無しでは正常に再生出来ない様な内容の情報を記録しておけば、これを記録可能な光ディスクにデッドコピーした、言わば海賊版の光ディスクは正常に再生出来ない事になり、不正なコピーあるいはそのコピーされた海賊版の光ディスクの使用を防止することが出来る。

【0125】この付加情報が再生あるいは検出出来ない時の対応、言い換えれば付加情報を用いた不正コピーへの対策に関する例を以下幾つか挙げる。

【0126】まず簡単な例としては、付加情報が再生されるかあるいは検出されない場合、コントローラ110の制御により、主情報の制限を行う事が考えられる。例えば映画を記録した光ディスクを再生する際、最初の数分だけ主情報である映画や音声の再生を認める、あるいは再生自体を全く認めない様にしても良い。

【0127】この様にすれば不正にコピーされた光ディスクの再生が行えない様にする事も当然可能ではあるが、敢えて部分的な再生を認める様な再生制限を行う様にすれば、その内容によってはユーザーに対して不正コピーでは無く、ピットで情報が記録された正当な光ディスクの購入意欲を喚起する事も考えられる。

【0128】なお付加情報が物理的に再生出来ても、それが予め主情報の一部として記録されている、一種のパスワードと合致しない場合には、付加情報が再生出来ていないものとして取り扱っても良い。これは以下の説明に於いても同様である。

【0129】あるいは付加情報が再生あるいは検出されない場合に於いて、その光ディスクの再生を認めないのであれば、光ディスク装置自体としての以降の動作を制限しても良い。

【0130】具体的にはユーザーから光ディスクの取り

(12)

21

出しを指示されてもこれを拒絶・無視したり、逆に光ディスクを即時排出する動作だけを行う等の処理を行えば、不正コピーディスクの再生が行えない上、ユーザーには不正コピーディスクの使用に対する罪悪感を助長させ、以降の不正コピーディスクへの関心を薄めさせる効果も期待出来る。

【0131】若しくはコントローラ110の指示によりサーボ制御回路111の電源をOFFしたり、内部の動作を停止させたりしてサーボ信号の経路を実質的に遮断して、情報の再生が行えない様にする事も考えられるが、この場合も同様に再生が行えないばかりか、光ディスク装置のサーボ動作による微かな動作音さえも消え、装置がいきなり停止してしまう訳であるから、ユーザーから見ると不正コピーディスクを装着したがために装置が不良になった様にも思えるため、不正コピーディスクへの関心を薄めさせる効果がより一層期待出来る。

【0132】若しくは付加情報が再生あるいは検出出来ない場合、装着された光ディスクが記録可能なものである可能性があるので、その光ディスクの特定部位に不正コピーである旨の情報を記録したり、情報の一部を重ね書きして破壊したり消去するなどして、以降の再生を妨げる事も考えられる。

【0133】こうすれば単に光ディスクを排出したり、再生を拒否したりするレベルとは異なり、一度再生を試みた不正コピーの光ディスクは他の光ディスク装置に於いても2度と再生不可能とする事も可能であるため、不正コピーディスクに対する強力なペナルティとする事が出来る。

【0134】無論、記録可能な光ディスク全てが不正コピーとは限らないので、付加情報が無くとも主情報が再生出来る光ディスクに対しては、この情報の記録あるいは消去を行わない様にしておけばなお良い。

【0135】なおこの手法については実現上、法的な問題の考察が必要ではあるが、不正コピーに対するペナルティの強化が社会的に認められるようになれば有効な手法である。

【0136】あるいは付加情報が再生あるいは検出出来ない場合、トラッキングサーボの極性を反転させても良い。これは不正コピーと思われる光ディスクに対し情報の再生を妨げる事が出来る一方、付加情報が記録されているにもかかわらず再生出来ない場合の原因を調べるのに際し、念の為にサーボ極性を反転させて付加情報の再生を試みるリカバリーの手法とする事も出来る。

【0137】更には付加情報が再生あるいは検出出来ない場合には、単にその旨を図2中の表示部112、より具体的にはディスプレイやLEDなどで視覚的に表示したり、あるいは合成音声やブザー音などで聴覚的に表示する、あるいはこれらの手法を用いて警告を発するようにしても良い。これは不正コピーディスクである事を表示したり警告したりする事も出来るが、単にピット深さ

22

で付加情報を記録していない、従来の光ディスクである事をユーザーに告知する事も出来る。

【実施形態5】続いて本発明の第5の実施形態を説明する。先の第4の実施形態では付加情報を主に不正コピーに対する対抗策として使用する手法を説明した。本実施形態では付加情報を主情報再生のための補助情報として使用する例を説明する。

【0138】光ディスクの情報を再生するのに必要な補助情報としては、主情報のスクランブル解除キー、暗号解除キー、誤り訂正用パリティ、同期信号、アドレス情報といったものが挙げられる。従来の光ディスクではこれらの情報も主情報の中に埋め込まれているため、光ディスクの記録容量を消費する事となっていたが、これらの情報をピット深さによる付加情報として記録するとその消費を避ける事が出来る。また光ディスク装置としても、記録容量の増大は1枚の光ディスクからの再生時間の増大を意味するので好ましい。

【0139】同時に上記の補助情報は何れも重要なものであり、これらが付加情報として再生出来ないと必然的に主情報は再生出来ない。従つて前述したような不正コピーした光ディスクに対しては、先の第2の実施例で挙げた様な動作を光ディスク装置側で別段行わなくとも、その再生を防止する事が出来る。

【0140】また、誤り訂正用パリティはその数が多いほど訂正能力は向上するが、従来の光ディスクでは主情報の記録容量の低下を招くため、その数が制限されている。本発明の光ディスクの場合、付加情報の情報量を増加は、主情報の容量の減少に直接つながるわけではないので、深さで記録される付加情報を誤り訂正用パリティ一とすることで、必要な訂正能力に見合った誤り訂正パリティ数とすることが出来る。光ディスク装置としても誤り訂正能力が高くなると再生する信号の信頼性が高まるので、画像や音声の乱れやデータのエラーの確率をより低くする事になる。

【0141】この場合、CDやDVDといった従来の光ディスクを再生する際には、既に説明した様に、深さの異なるピットの有無に基いて従来の光ディスクと判断しても良いし、あるいは主情報で誤り訂正が行なえるようであれば従来の光ディスクと判断し、主情報の中に埋め込まれた誤り訂正用パリティなどを使用しても良い。

【0142】若しくは付加情報をアドレス情報とする事も考えられる。この場合、主情報中に埋め込まれたものを検出・再生するのに比べて、アドレス情報の検出や再生はもっとも深さで記録されている付加情報がスクランブル解除キー、暗号解除キー、あるいはこれに類するものであった場合、これが固定されたものであれば、特に技術を有する不正なユーザーにとってはこれらを解読する事は必ずしも不可能とは言い切れない。主情報を別の記録可能な光ディスクにコピーすると共に、解読されたキーを配布する等で、海賊版が流布される可能性もある。

(13)

23

【0143】しかしこのスクランブル解除キーや暗号解除キー等の情報を頻繁に、例えばセクター単位で変更すれば、不正なユーザーにより解読される可能性を著しく低下させることが可能である。従来の光ディスクでは主情報の容量減少を招くため、このような頻繁なキー変更は出来なかつたが、本発明では付加情報により主情報の容量は低下しないため、解除キーを頻繁に変更する事も可能であり、不正コピーはほぼ不可能となる。

【0144】あるいは補助情報としてはこれらの他、例えば字幕、音声ガイド、簡単な静止画像や文字情報、操作ガイドなどである場合も考えられる。

【0145】この場合、第4の実施形態と同様に付加情報再生回路108で再生された付加情報はコントローラ110に入力される。コントローラ110は付加情報の内容が何であるかを判断し、例えば字幕であれば主情報である動画像と同期を取って出力し、操作ガイド情報であれば所定の動作を行なう。

【0146】これらの補助情報は主情報と共に記録しても良いが、例えば操作ガイドを例に挙げると、光ディスク装置としては前以ってその領域の情報を読み取り、メモリに記憶させておくなどの処理が必要である。あるいは主情報の再生中に、少し離れた補助情報領域にアクセスして補助情報を読み取り、再び主情報の再生を継続するなどの処理が要求される事もある。

【0147】しかし本発明にかかる、ピット深さにより付加情報を有した光ディスクを用いれば、主情報の再生と同期あるいは併行してこれら補助情報を得る事が出来るので、上記の様な処理は不要であり、メモリの削減や主情報の再生に際しての装置動作の安定性向上が図れる。

【0148】なお本発明にかかる光ディスク装置では、機構系や光ピックアップに別段特殊なものを要求しておらず、従来の機構系や光ピックアップを使用可能である。

【0149】そのためコストや装置寸法の増大も抑える事が出来る。

【0150】

【発明の効果】本発明の第1の手段に係る光ディスクでは、基板上に2種類(D1、D2)の深さをもつピットが形成しており、かつ使用する光の波長を $\lambda$ 、光ディスクの基板の屈折率をnとしたとき、 $0 < D1 < \lambda / 4n$ かつ $\lambda / 4n < D2 < \lambda / 2n$ を満たすように構成されている。従ってその深さの違いによりタンジェンシャルピッシュップ信号の極性が相違するため、ピット深さを変える事で従来の2値記録では無く更に高密度の3値記録を施した光ディスクの実現が可能となる。

【0151】また、第2の手段に係る光ディスクでは、第1の手段に記載の光ディスクにおいて、上記ピットの深さD1並びにD2が $\lambda / 8n < D1 < \lambda / 4n$ かつ $\lambda / 4n < D2 < 3\lambda / 8n$ を満たすように構成されてい

(13)

24

る。従ってRF信号、タンジェンシャルピッシュップ信号の双方共にバランス良く大きな振幅のものを得る事が出来、再生時の信号品質が向上して再生エラーを低減する事が出来る。

【0152】第3の手段に係る光記録情報の再生方法は、光ディスクの反射光量に基く信号とタンジェンシャルピッシュップ信号を組み合わせて記録データを再生することを特徴としている。従って従来の様に反射光量に基く、所謂RF信号だけから2値の記録データを再生するものよりも多値の記録データを再生する事が出来る。

【0153】また、第4の手段に係る光記録情報の再生方法では、第3の手段に記載の光記録情報の再生方法に於いて、光ディスクからの反射光量に基く信号の変化点におけるタンジェンシャルピッシュップ信号の極性に基き情報を再生する事を特徴としている。従ってピットの深さによって変化するタンジェンシャルピッシュップ信号の極性が、ピット毎に一定していく変化しない従来の2値記録の光ディスクの情報も再生する事が可能である。

【0154】第5の手段に係る光記録情報の再生方法では、第3の手段に記載の光記録情報の再生方法において、上記タンジェンシャルピッシュップ信号の極性に基き3値の情報を再生する事を特徴としている。従って従来の2値記録よりも高密度の情報記録が可能な3値記録の光ディスクから情報の再生が可能である。

【0155】第6の手段に係る光記録情報の再生方法では、第3の手段乃至第5の手段に記載の光記録情報の再生方法において、上記光ディスク上のタンジェンシャルピッシュップ信号を正負それぞれの基準値を越えた事を示す2組の2値化信号に変換し、これら第2の2値化信号の各組を正負の信号として加減算し、その加減算の結果に基づき情報を再生する事を特徴としている。従って簡単な手法で3値記録された光ディスクの情報を再生する事が可能である。

【0156】また、第7の手段に係る光記録情報の再生方法では、第3の手段乃至第5の手段に記載の光記録情報の再生方法において、上記光ディスクからの反射光量に基く信号を第1の2値化信号に変換すると共に、タンジェンシャルピッシュップ信号を正負それぞれの極性で所定の基準値を越えた事を示す2組の第2の2値化信号に変換し、第1の2値化信号の変化点に於いて第2の2値化信号を観測して情報を再生する事を特徴としている。従ってまた別の簡単な手法で3値記録された光ディスクの情報を再生する事が可能である。

【0157】そして、第8の手段に係る光記録情報の再生方法では、第3の手段乃至第7の手段に記載の光記録情報の再生方法に於いて、第1の手段または第2の手段に記載の光ディスクを用いる事を特徴としている。従って実現可能な3値記録された光ディスクからの再生信号の品質も向上し、再生エラーを低減する事が出来る。

(14)

25

【0158】第9の手段に係る光ディスク装置では、光ディスク上のピットからの反射光量とタンジェンシャルプッシュプル信号を組み合わせて記録データを再生することを特徴としている。従って従来の様に反射光量に基く、所謂R F信号だけから2値の記録データを再生するものよりも多値の記録データを再生する装置を実現する事が出来る。

【0159】第10の手段に係る光ディスク装置においては、第9の手段に記載の光ディスク装置であって、光ディスクからの反射光量に基く信号の変化点におけるタンジェンシャルプッシュプル信号の極性に基き情報を再生する事を特徴としている。従ってタンジェンシャルプッシュプル信号の極性が、ピットの深さが一定であるためにピット毎に一定していて変化しない従来の2値記録の光ディスクの情報も再生する事が可能である。

【0160】第11の手段に係る光ディスク装置では、第9の手段に記載の光ディスク装置に於いて、光ディスクからの反射光量に基く信号の変化点におけるタンジェンシャルプッシュプル信号の極性に基き3値の情報を再生する事を特徴としている。従って従来の2値記録よりも高密度の情報記録が可能な3値記録の光ディスクから情報の再生が可能である。

【0161】第12の手段に係る光ディスク装置では、第9の手段乃至第11の手段に記載の光ディスク装置において、上記光ディスク上のタンジェンシャルプッシュプル信号を正負それぞれの基準値を越えた事を示す2組の2値化信号に変換し、これら第2の2値化信号の各組を正負の信号として加減算し、その加減算の結果に基づき情報を再生する事を特徴としている。従って簡単な構成で3値記録された光ディスクの情報を再生する事が可能である。

【0162】そして、第13の手段に係る光ディスク装置では、第9の手段または第10の手段に記載の光ディスク装置に於いて、上記光ディスクからの反射光量に基く信号を第1の2値化信号に変換すると共に、タンジェンシャルプッシュプル信号を正負それぞれの極性で所定の基準値を越えた事を示す2組の第2の2値化信号に変換し、第1の2値化信号の変化点に於いて第2の2値化信号を観測して情報を再生する事を特徴としている。従ってまた別の簡単な構成で3値記録された光ディスクの情報を再生する事が可能である。

【0163】更に、第14の手段に係る光ディスク装置では、第9の手段乃至請第13の手段に記載の光ディスクを用いる事を特徴としている。従って実現可能な3値記録された光ディスクからの再生信号の品質も向上し、再生エラーを低減する事が出来る。

【0164】第15の手段に係る光ディスク装置は、ピットの深さを検出して、その深さにより別途記録された付加情報の再生を行うため、主情報の記録容量を消費する事無く付加情報が記録されていて、結果的に記録容量

26

を増大させた光ディスクを再生する事が出来、再生時間を増大させる事が可能となると共に、その付加情報を用いて各種の制御が可能である。同時に新たなピックアップや機構を必要としないため、コストや装置寸法の増大を抑える事が出来る。

【0165】第16の手段に係る光ディスク装置は、請求項1に記載の光ディスク装置の効果に加えて、付加情報が再生あるいは検出出来ない場合には主情報の再生を制限するため、不正にコピーした光ディスクの再生を防止するのみならず、ユーザーに対して正当な光ディスクの購入意欲を喚起する事も可能である。

【0166】第17の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置の効果に加えて、不正にコピーした光ディスクの再生を防止すると共に、ユーザーに対して不正コピーディスクに対する関心を薄めさせる事が期待出来る。

【0167】第18の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置の効果に加えて、ユーザーに対して不正コピーディスクである場合には警告を発して不正コピーディスクへの関心を薄めさせたり、あるいはユーザーに対して単に、ピット深さで付加情報を有しない従来の光ディスクが装着されている事を示す事で、ディスク種類の識別を容易にする事が出来る。

【0168】第19の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置の効果に加えて、不正にコピーした光ディスクの再生を防止すると共に、ユーザーに対して不正コピーディスクに対する関心をより一層薄めさせる事が期待出来る。

【0169】第20の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置の効果に加えて、不正にコピーした光ディスクの以降の再生を不可能とする事も可能であるため、不正コピーに対する強力なペナルティとなり、不正コピーに対する抑止力が更に強く期待出来る。

【0170】第21の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置の効果に加えて、不正にコピーした光ディスクに対して別段の動作を行わなくてもその再生が防止出来る他、付加情報がエラー訂正情報である場合には、主情報の記録容量を消費する事無く十分なエラー訂正能力を持たせる事が出来、主情報から再生される画像や音声の乱れやデータのエラーの確率を低減させる事が可能となる。

【0171】第22の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置の効果に加えて、主情報に対する補助的な情報を前以って読み取ってメモリに記憶させたり、あるいは主情報の再生中に補助情報領域にアクセスするなどの動作が不要であるため、メモリを削減したり、装置の動作の安定性を高める事が出来る。

(15)

27

【0172】第23の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置の効果に加えて、不正コピーと思われるディスクの再生を妨げる事が出来る他、付加情報が再生あるいは検出されない場合に、本当にそれが記録されていない光ディスクであるか確認再生を試みるリカバリーを行う事が出来る。

【0173】第24の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置の効果に加えて、主情報を得るための再生信号の振幅やS/Nが得られるだけの、必要最小限の深さのピットを形成した従来の光ディスクと、ピット深さにより付加情報を記録した光ディスクとを、ピットが深いと判断された時点により容易に識別する事が可能となる。

【0174】第25の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段乃至第24の手段に記載の光ディスク装置の効果に加えて、ピットの深さに乱れやばらつきがあつても、少なくとも付加情報を有する光ディスクであるか否かの判別が行える。

【0175】第26の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段に記載の光ディスク装置の効果に加えて、主情報が正常に再生出来る、換言すれば付加情報が存在しないか、存在しても不要である場合には、付加情報の再生に関連するブロックの電源をOFFする事が出来、消費電力の低減が可能である。

【0176】第27の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段並びに第26の手段に記載の光ディスク装置の効果に加えて、従来の光ディスクに対する再生互換性を有すると共に、ピット深さで付加情報を有する光ディスクにおいては、そのピット深さを簡単な回路で確実に判別出来る。

【0177】第28の手段に係る光ディスク装置は、第15の手段、第21の手段、あるいは第22の手段に記載の光ディスク装置の効果に加えて、主情報の再生の進行に合致した内容及びタイミングで付加情報を再生する事が出来る。

【0178】第29の手段に係る光ディスクは、主情報がピットの有無・長さ・あるいは位置により記録されていると共に、前記ピットの深さにより、付加情報を記録した部位を有するものである。

【0179】そのため主情報の記録容量を消費する事無く付加情報が記録出来、結果的に記録容量を増大させる事が可能である。

【0180】第30の手段に係る光ディスクは、第29の手段に記載の光ディスクの効果に加え、これを不正にコピーした光ディスクに対して、光ディスク装置側では別段の動作を行わなくともその再生が防止出来る他、付加情報がエラー訂正情報である場合には、主情報の記録容量を消費する事無く十分なエラー訂正能力を持たせる事が出来、主情報から再生される画像や音声の乱れやデータのエラーの確率を低減させる事が可能となる。

28

【0181】第31の手段に係る光ディスクは、第29の手段に記載の光ディスクの効果に加え、これを再生する際に光ディスク装置に対して、前以って補助情報を読み取り記憶しておいたり、主情報の再生中に補助情報を記録した領域へのアクセスを行わせる等の必要性が無く、光ディスク装置に対する負担が少なくて済む。

【0182】第32の手段に係る光ディスクは、第29の手段に記載の光ディスクの効果に加え、付加情報の記録を要しない光ディスクについてはその生産性が向上する。

【0183】第33の手段に係る光ディスクは、第29の手段乃至第32の手段に記載の光ディスクの効果に加え、ピットを形成する際、その深さに乱れやばらつきが有つたとしても、光ディスク装置側で少なくとも付加情報の有無を検出出来るようになる。

【0184】第34の手段に係る光ディスクは、第29の手段に記載の光ディスクの効果に加え、スクランブル解除キーや暗号解除キーの解読の困難性が激増することから、これを解読して不正コピーした光ディスクを製造・流布する事は事実上不可能となり、不正コピーに極めて強い耐性を持たせる事が可能となる。

【0185】そして、第35の手段に係る光ディスクは、第29の手段乃至第31の手段に記載の光ディスクであつて、この光ディスクを主情報に合致した内容の付加情報をタイミング良く再生し得るものとする事が出来る。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】ピット深さとタンジェンシャルプッシュプル信号振幅、RF信号振幅の関係を表わす図である。

【図2】タンジェンシャルプッシュプル信号を説明する図である。

【図3】ピット深さとRF信号、タンジェンシャルプッシュプル信号の様子を表わす図である。

【図4】本発明の第1の実施例の内、情報の再生装置の主要部の構成を示すブロック図である。

【図5】図4の構成の再生装置の波形や動作を説明する図である。

【図6】本発明の第2の実施例にかかる、情報の再生装置の主要部のまた別の構成を示す図である。

【図7】本発明における情報再生の原理の説明図である。

【図8】本発明の1実施例にかかる光ディスク装置の、情報再生に関する部位のブロック図である。

【図9】図8中の付加情報再生回路の構成例を示す図である。

【図10】動作のタイミングを説明する図である。

【図11】従来の情報再生の原理の説明図である。

#### 【符号の説明】

1・・ディテクター

2・・差動アンプ

(16)

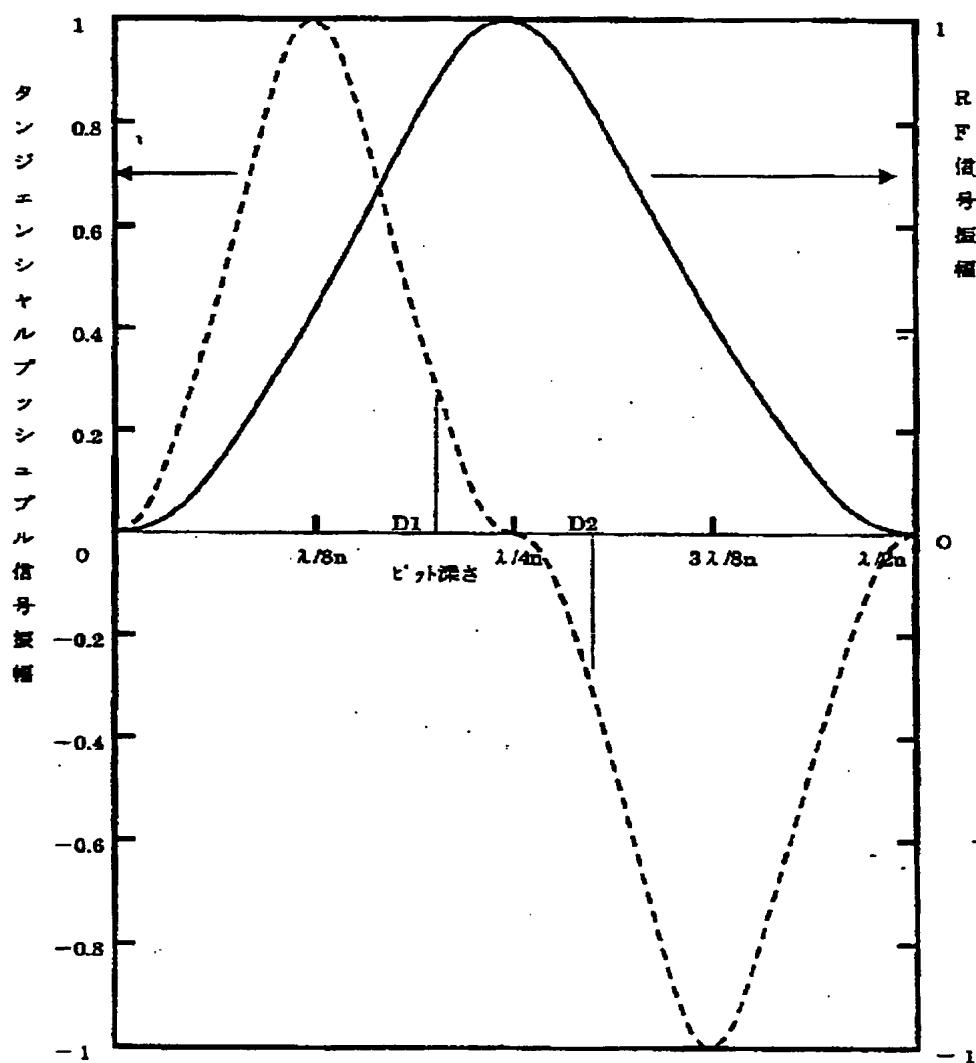
29

- 3 . . 加算アンプ
- 4 . . コンパレーター
- 5 . . コンパレーター
- 6 . . 加減算回路
- 7 . . 等化回路
- 8 . . 2値化回路
- 9、10 . . ラッチ
- 101 . . 反射光
- 102 . . フォトディテクタ
- 103-1、103-2 . . 加算回路
- 104 . . 加算回路
- 105 . . 差分回路
- 106-1、106-2 . . コンパレータ
- 107 . . コンパレータ

30

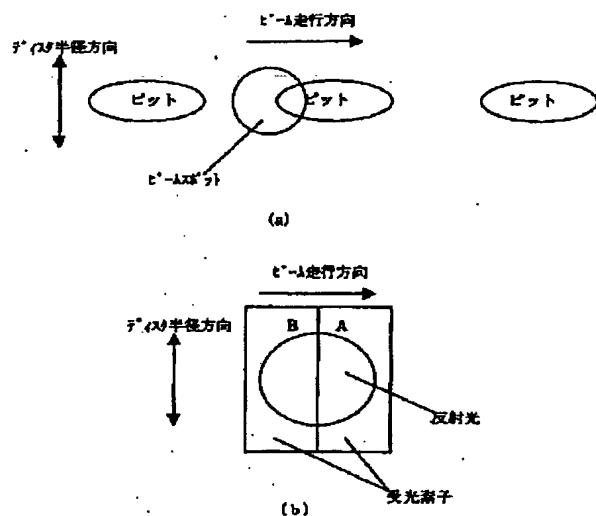
- 108 . . 付加情報再生回路
- 109 . . 主情報再生回路
- 110 . . コントローラ
- 111 . . サーボ制御回路
- 112 . . 表示部
- 131 . . 浅いピット
- 132 . . 深いピット
- 181 . . NAND回路
- 182 . . FF回路
- 10 183 . . エッジ検出回路
- 184 . . データ復元回路
- 185 . . カウンタ
- 1101 . . 光ビーム

【図1】

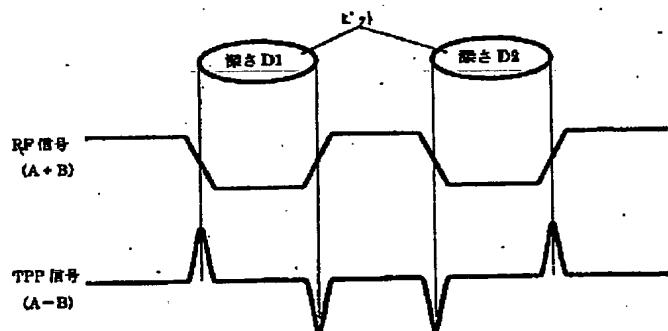


(17)

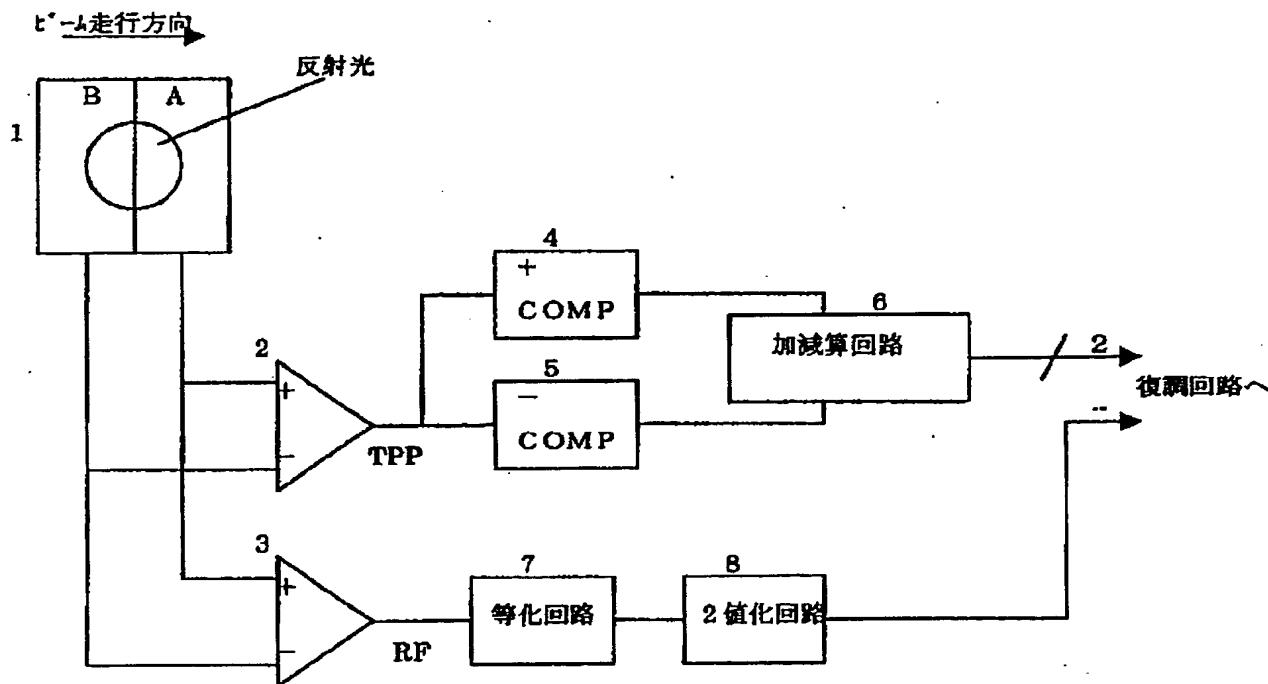
【図2】



[図3]

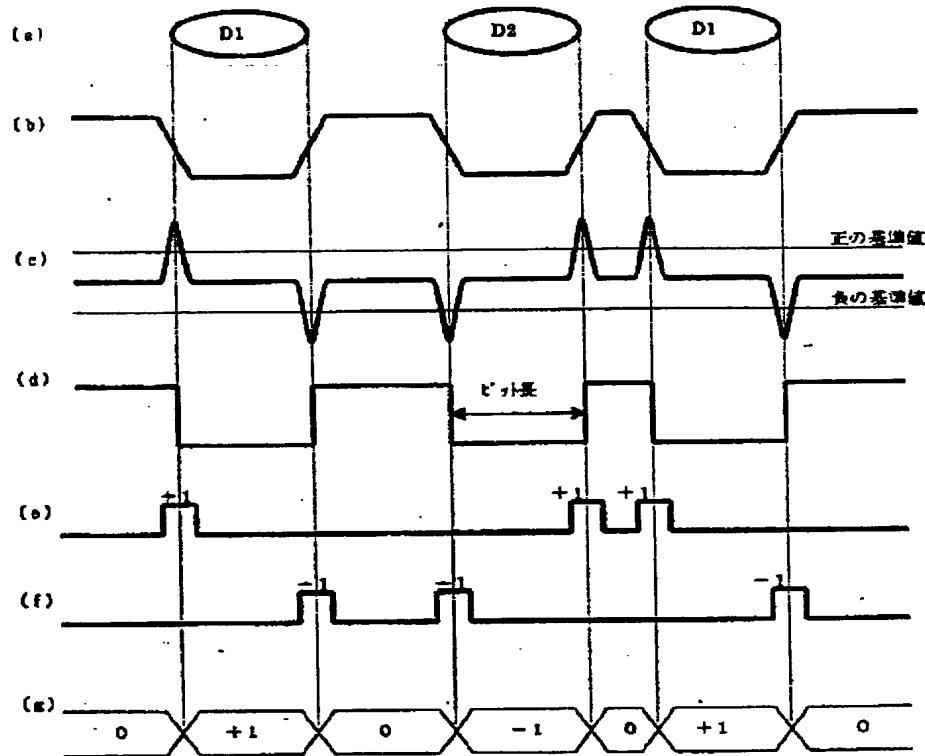


[図4]

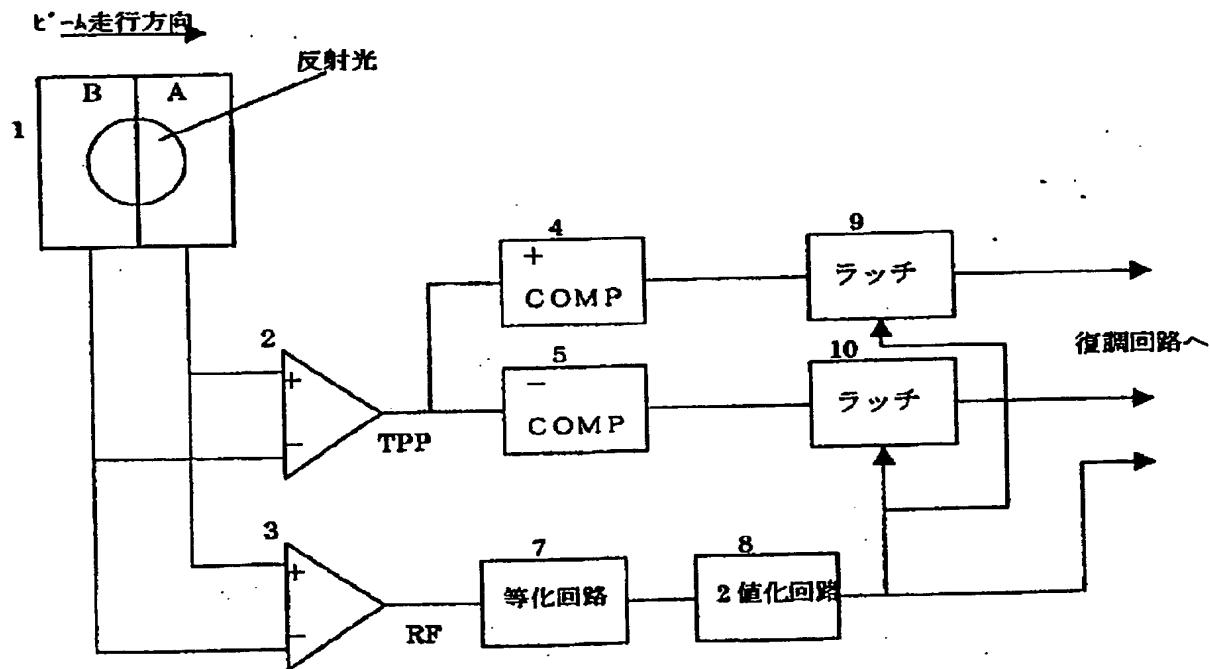


(18)

【図5】

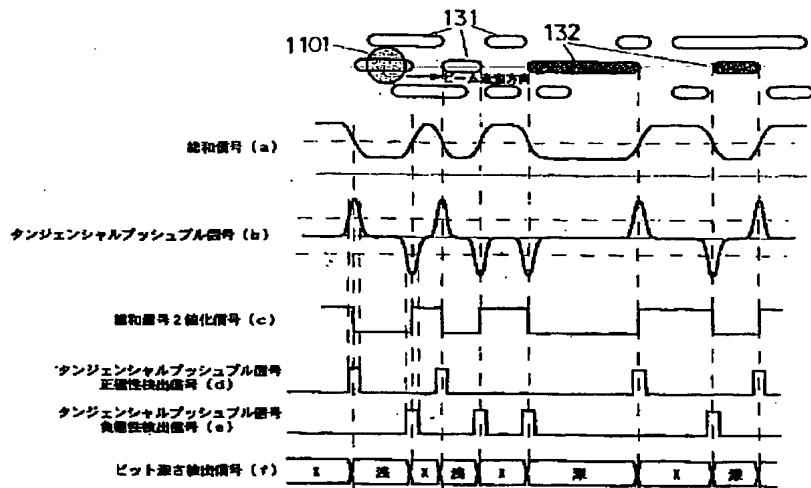


【図6】

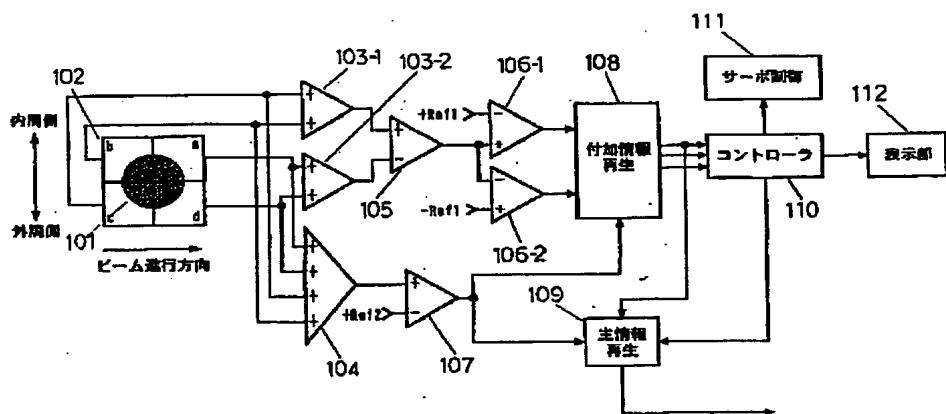


(19)

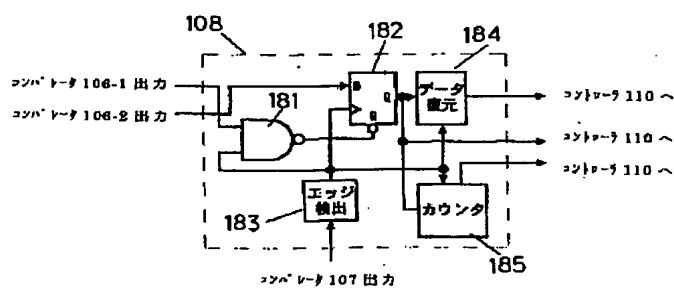
【図7】



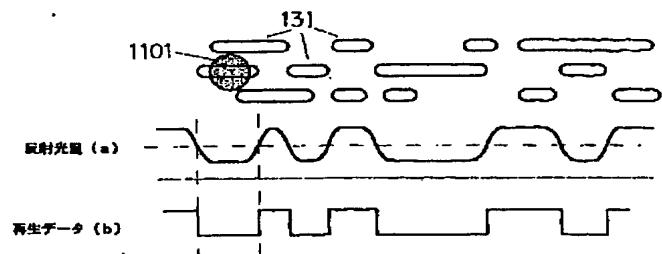
[図 8]



[图9]

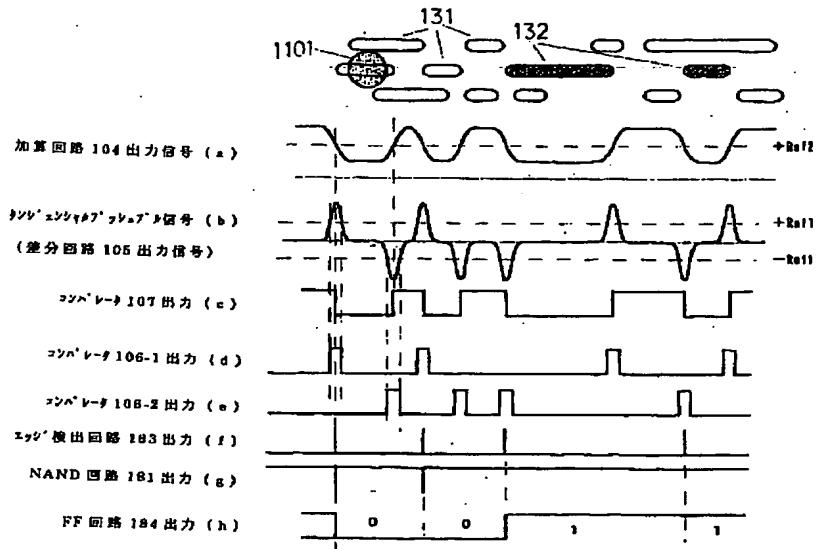


【図1-1】



(20)

【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 野村 勝

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内

Fターム(参考) 5D029 KC06 WB18 WC04

5D090 AA01 CC01 CC04 CC14 CC16  
CC18 DD03 DD05 EE02 EE13  
FF09 FF13 FF43 GG32 HH02  
HH08 JJ11 LL08  
5D118 AA13 BA01 BF02 BF03 CB03  
CC12 CD01 CD08



Consommation et  
Affaires commerciales Canada  
Bureau des brevets  
Ottawa, Canada  
K1A 0C9

Consumer and  
Corporate Affairs Canada  
Patent Office

(21) (A1) 2,085,974  
(22) 1992/12/21  
(43) 1994/06/22

5  
15/6/1994  
5/5/94

(51) INTL.CL. <sup>5</sup> G11B-007/24; G11B-007/013

**(19) (CA) APPLICATION FOR CANADIAN PATENT (12)**

(54) Multi-bit Cellular Reflectivity Modulation for Optical Media

(72) Lightstone, Sam S. - Canada ;

(73) IBM Canada Limited - IBM Canada Limitee - Canada ;

(57) 14 Claims

**BEST AVAILABLE COPY**

Notice: This application is as filed and may therefore contain an incomplete specification.

**Canada**

CCA 2254 (10-92) 41 7530-21-038-3254

**MULTI-BIT CELLULAR REFLECTIVITY  
MODULATION FOR OPTICAL MEDIA**

**ABSTRACT OF THE DISCLOSURE**

An optical storage device, comprising a disk having a recording surface for reflecting laser light incident thereon, and a plurality of cells representing stored data. Each of the cells is characterized by one of  $2^N$  predetermined levels of effective reflectivity to the incident laser light, where  $N > 1$  and wherein  $N$  represents the number of bits stored per cell.

**MULTI-BIT CELLULAR REFLECTIVITY  
MODULATION FOR OPTICAL MEDIA**

**Field of the Invention**

This invention relates in general to optical disk storage devices, and more particularly to multi-bit cellular reflectivity modulation for CD-ROM and Write-Once-Read-Many (WORM) drives.

**Background of the Invention**

As computer power grows and computers deal more easily with huge amounts of data, the need to store and retrieve large amounts of data has become an industry need. The most effective and compact method currently known for storing digital data is via optical media. However, while optical devices have hugely increased rates for data retrieval density over magnetic media, the need still exists to further increase data storage density on such media in order to increase storage and data transfer rates.

WORM and CD-ROM drives use pits to represent Gray level changes of binary data on disk surfaces. The method for creating the pits, and formatting of the media varies between WORM and CD-ROM systems. However, in both prior art systems, laser light incident on the media surface reflects differently from a pit than from the flat surface of the optical media. The pits are usually in the form of either a bubble, or a depression on the disk surface.

The principal difference between WORM and CD-ROM disks is that the WORM disk is made of material that can be written to once. This means that the user must first format the WORM disk, and then write data to be formatted on the disk. By way of contrast, the CD-ROM optical media can only be read from. Information stored on a CD-ROM is first copied to a master disk, at a production site, and multiple copies of the CD-ROM are then made from the master disk, for purchase by the end user. Thus, as discussed above, the principal difference between a CD-ROM and a WORM drive is that the CD-ROM is not formatted for writing (i.e. instead, it is pre-formatted with data) and cannot be written to, whereas data may be written to a WORM disk one time for subsequent read-back many times.

A pre-formatted CD-ROM and a WORM disk on which data has been recorded, are characterized by similar disk structure. The disk is approximately 120 mm in diameter, 1.2 mm thick, and has a hole 15 mm in diameter across the centre. The information is represented in a spiral of either small pits or bubbles within the disk. That surface is coated with a reflective layer, which is further coated with a protective lacquer. Traditionally, the pits have been characterized 0.12  $\mu\text{m}$  in height or depth and approximately 0.6  $\mu\text{m}$  wide. Successive turns of the spiral patterns of pits or bubbles are arranged 1.6  $\mu\text{m}$  apart. This spacing results in a track density of 16,000 cells per inch. Between each pit or bubble, is a flat area referred to as a land, such that the distance between successive pits in the spiral is traditionally in the range of from 0.9 - 3.3  $\mu\text{m}$ .

Notwithstanding the differences in the recording of data on CD-ROMs and WORM drives, the technique for reading data from either a CD-ROM or WORM disk at a given cell is the same.

In order to read data from either a WORM drive or CD-ROM, a laser beam is focussed on the spiral tracks of pits or bubbles and the light is reflected back through an objective lens and measured. Light striking the pits or bubbles is diffracted through a wide angle such that very little of the light is returned to the lens. However, when the laser light focusses on the flat land surface between successive pits, most of the light is reflected back into the objective lens. The modulated signal produced by the combination of reflection, diffraction and interference of light represents the information stored on the disk. The reflected light is received by a photodetector adjacent the lens, which produces a current proportional to the light intensity. Thus, the reflected light signal changes each time the laser beam moves from a pit to a land, or vice versa.

One of the primary objectives in all digital storage devices, is to increase data density or capacity of the storage device relative to the storage volume or area. It is known in the prior art to increase data density by decreasing the size of the pits or bubbles and the distance between them. However, with a wavelength of approximately

0.6 microns for the read laser light, the limitations in focussing of the beam on reduced sizes of the pits or bubbles are significant. The well known Rayleigh Rule quantifies the minimum resolution of lenses, while the Heisenberg Uncertainty Principle dictates the uncertainty of the position of an electron relative to its momentum. In accordance with these laws, it has been determined that the minimum possible resolution of focus in an optical system is approximately  $\lambda/4\pi N$ , where N is the numerical aperture of the lens. Therefore, it is virtually impossible to create smaller optical cells than are currently available (eg.  $\lambda/2$ ) since in order to focus a laser beam on data cells which are more densely distributed than in the current art without resorting to quantum mechanical techniques.

Accordingly, various attempts have been made to encode greater amounts of data into optical storage media.

For example, IBM® Report RJ-3287 entitled Frequency Domain Optical Storage, teaches a method for maximizing optical recording storage density by storing information in the frequency spectrum at each spatial spot.

U.S. Patent 4,963,464 (Setani) discloses an optical medium having two or more bit streams of data stored thereon, wherein one bit stream of data is distinguished from another bit stream of data by the depth of the pits utilized to represent the two data streams. Thus, by interleaving pits of different depth in the spiral track, two or more streams of data may be simultaneously stored. However, according to the Setani Patent, each cell represents a single bit of data.

U.S. Patent 5,060,223 (Segawa) describes an optical information recording medium having specified pit and guide groove shapes, where the pit depth varies from 0.46  $\lambda/n$  to 0.58  $\lambda/n$  in the preferred embodiment. Thus, the system of Segawa provides guide grooves for tracking which are formed in a concentric or spiral shape at a predetermined pitch, as well as pre-formatted pits formed approximately mid-way between the guide grooves. As with the Setani Patent discussed above, Segawa is limited in its teachings to representing a single bit of data at each cell location.

Other prior art is known which considers the consequences of varying pit depth in an optical storage

2085974

medium. For example, IBM Report RC-9860 entitled Two Dimensional Modelling of Optical Disk Read-Out, discloses a model to examine the effects of data density, phase pit depth, etc., on the quality of a read out signal.

IBM Technical Disclosure Bulletin, volume 34, number 10b, 3/92, entitled Three Level Mask Method for Gray Scale Printing, discloses ninety-nine "gray" levels of light absorption and reflectance in a "super pixel" for applications involving electro-photographic printing and other processes.

U.S. Patent 4,852,076 (Ohta et al) describes an optical information recording and reproducing disk employing a film having thermally changeable optical characteristics, where the depth and width of the pits are within  $=/- 10\%$  normally, and the material reflectivity of the disk is described as being variable from 13% to 23% due to heat distortion in fabrication of the disk.

U.S. Patent 4,551,828 (Chung), entitled "Quadrilayer Optical DRAW Medium", discloses a thin "triggering" layer used to enhance the pit formation in a DRAW medium, and for causing pit depth variation and reflectance variations in connection with same.

U.S. Patent 4,930,116 (Dil), entitled "Record Carrier Containing Information in an Optically Readable Information Structure" concludes that the shape of the pit walls has little effect on the storage and retrieval of data from an optical disk.

#### Summary of the Invention

It is known from the prior art that by varying the laser power, or intensity, pits or bubbles of different heights can be formed in an optical disk. It is also known that a pit or bubble of one height will reflect a different amount of light back to the objective lens of the optical read head than a pit with a different height. The reason that pits of different depth or height reflect different amounts of light is because of scattering of the reflected light and interference between the reflected light, which has the same phase as the incident laser light, and the light reflected from the pit which has a shifted phase characteristic dependent on the pit depth.

Thus according to the present invention, it has been discovered that multiple-bit data may be encoded on an optical storage medium by correlating the depth of a pit or bubble with a particular multiple bit sequence.

Various aspects of the invention are defined as follows:

An optical storage device, comprising a disk having a recording surface for reflecting laser light incident thereon, and a plurality of cells representing stored data, each of said cells being characterized by one of  $2^N$  predetermined levels of effective reflectivity to said laser light, where  $N > 1$  and wherein  $N$  represents the number of bits stored per cell.

A method of encoding data into a WORM disk utilizing a laser beam having a wavelength of  $\lambda$ , comprising the steps of:

- a) formatting said disc;
- b) mapping two-bit data into four cell types designated as cell type 1, cell type 2, cell type 3 and cell type 4, wherein cell type 1 is characterized by a first level of effective reflectivity for reflecting a first predetermined amount of said laser beam, cell type 2 is characterized by a second level of effective reflectivity for reflecting a second predetermined amount of said laser light less than said first predetermined amount, cell type 3 is characterized by a third level of effective reflectivity for reflecting a third predetermined amount of said laser light less than said second predetermined amount, and cell type 4 is characterized by a fourth level of effective reflectivity for reflecting a fourth predetermined amount of said laser light less than said third predetermined amount;
- c) setting said laser light at  $1/3$  of the power required to create a cell having said fourth level of effective reflectivity;
- d) simultaneously rotating said disk a first revolution and pulsing said laser light at predetermined times for exposing cell type 2, cell type 3 and cell type 4 with said laser light at  $1/3$  of the power required to create a cell having said fourth level of effective reflectivity;
- e) rotating said disk an additional revolution and reading cell type 2, cell type 3 and cell type 4 and

identifying any ones of cell type 2, cell type 3 or cell type 4 having excessive threshold values;

f) simultaneously rotating said disk an additional revolution and pulsing said laser light at predetermined times for exposing predetermined ones of cell type 2, cell type 3 and cell type 4 identified in step e) as having excessive threshold values;

g) simultaneously rotating said disk an additional revolution and pulsing said laser light at predetermined times for exposing cell type 3 and cell type 4 with said laser light at  $1/3$  of the power required to create a cell having said fourth level of effective reflectivity;

h) rotating said disk an additional revolution and reading cell type 3 and cell type 4 and identifying any ones of said cell type 3 or cell type 4 having excessive threshold values;

i) simultaneously rotating said disk an additional revolution and pulsing said laser light at predetermined times for exposing predetermined ones of cell type 3 and cell type 4 identified in step h) as having excessive threshold values;

j) simultaneously rotating said disk an additional revolution and pulsing said laser light at predetermined times for exposing cell type 4 with said laser light at  $1/3$  of the power required to create a cell having said fourth level of effective reflectivity;

k) rotating said disk an additional revolution and reading cell type 4 and identifying any ones of said cell type 4 having excessive threshold values; and

l) simultaneously rotating said disk an additional revolution and pulsing said laser light at predetermined times for exposing predetermined ones of said cell type 4 identified in step k) as having excessive threshold values.

A method of reading multi-bit per cell information from an optical disk using a low power laser beam having a wavelength of  $\lambda$ , wherein said information is encoded in said disk as four cell types designated as cell type 1, cell type 2, cell type 3 and cell type 4, and wherein cell type 1 is characterized by a first level of effective reflectivity for reflecting a first predetermined amount of said laser beam, cell type 2 is characterized by a second level of effective

2085974

reflectivity for reflecting a second predetermined amount of said laser light less than said first predetermined amount, cell type 3 is characterized by a third level of effective reflectivity for reflecting a third predetermined amount of said laser light less than said second predetermined amount, and cell type 4 is characterized by a fourth level of effective reflectivity for reflecting a fourth predetermined amount of said laser light less than said third predetermined amount; comprising the steps of:

- a) simultaneously rotating said disk and exposing said disk to said low power laser beam causing modulation in the amount of light returned from said disc; and
- b) detecting said light returned from said disk and converting said light returned by thresholding into any one of four two-bit codes representing respective ones of said cell types.

It is contemplated that the principles of the present invention may be applied to all types of optical storage systems, including CD-ROM systems as well as WORM drives. However, as discussed in greater detail below, the preferred embodiment of the present invention is a WORM drive implementation.

Brief Description of the Drawings

A description of the preferred embodiment is provided in greater detail below, with reference to the following drawings, in which:

Figure 1 is a cross sectional representation an optical recording media structure with encoded pits characterized by four cell types, in accordance with a first embodiment of the invention;

Figure 2 is a cross sectional representation of an optical storage device with encoded bubbles of different heights, according to the preferred embodiment of the invention;

Figure 3 is a plot showing interference patterns for cells of Figures 1 and 2;

Figure 4 is graph showing ranges in cell effective reflectivity for the four cell types shown in the structures of Figure 1 and 2;

Figure 5 is a flow diagram showing the steps for writing multi-bit data per cell information on an optical disk, according to the preferred embodiment;

Figure 6 is a flow diagram showing process steps for reading multi-bit data per cell from an optical disk, in accordance with the preferred embodiment;

Figure 7 is a graph showing peak read-out contrast versus phase pit depth for the four cell types shown in Figures 1 and 2 and

Figure 8 is a plot showing interference patterns for different cell types where the pits are deeper than  $\lambda/4$ ;

Detailed Description of the Preferred Embodiment

As discussed above, according to the present invention, a system is provided for creating data cells in an optical storage device wherein each cell is characterized by a multiple bit density. By increasing the bit value of each cell, both the data density and the read rate are increased by a factor of  $N$ , where  $N$  is the number of bits in each cell.

In contrast with the known prior art, according to the preferred embodiment, more than one bit of data is encoded per cell by varying the effective reflectivity of each cell such that specific ranges are achieved of reflective coefficient for each cell, between a predetermined minimum and maximum. In the present specification, the term effective reflectivity is used to indicate the cumulative effects of reflectivity, scattering, interference and diffraction. The term reflectivity alone and the term material reflectivity represent only the amount of light that is reflected assuming a flat surface. For example, typical optical disks have a maximum value for reflectivity of approximately 0.6, the minimum possible reflectivity is approximately 0. Thus, by assigning different effective reflectivities to respective cell types, various multiple bit data sequences may be associated with cells of different effective reflectivity. As discussed in greater detail below, the assigned cell types match a range of effective reflectivity, not just a fixed value, to account for process variations and inaccuracies. However, provided that the cell effective reflectivity conforms to a predetermined range between minimum and maximum, then accurate recording

2085974

and reproducing of multiple bit data is possible utilizing a single cell.

Turning to Figure 1, an optical disk structure is shown in accordance with the present invention (ie, either CD-ROM or WORM). The optical disk comprises a label 1, overlying a protective layer 2, and a signal recording surface 3 embedded in plastic polycarbonate layer 4.

According to an important aspect of the present invention, multiple bit data values are assigned to different pit depths for respective cells in the reflective surface of the optical disk. Thus, for a two bit-per-cell structure as shown in Figure 1, cell type 1 (identified by reference numeral 8) is characterized by a depth of approximately 0, cell type 2 (identified by reference numeral 6) is characterized by a cell depth of  $1/3(\lambda/4)$ , cell type 3 (identified by reference numeral 5) is characterized by a cell depth of approximately  $2/3(\lambda/4)$  and cell type 4 (identified by reference numeral 7) is characterized by a cell depth of approximately  $\lambda/4$ , where  $\lambda$  is the wavelength of the incident laser read beam.

As shown in Figure 2, bubble forming media can be utilized, rather than pit forming technology, since bubble forming technology is the current trend in the market and is generally considered to be more available and to be less expensive. When pit forming is implemented, the present invention uses exclusively those media which are conducive to pit melting techniques rather than bubble popping techniques.

According to the preferred embodiment of Figure 2, changes in the effective reflectivity result from a scattering effect when the incident laser strikes the bubbled surface. By way of contrast, with pits, the predominant effect is an interference between the incident and reflected waves. Cell type 1 is represented in Figure 2 by reference numeral 8', cell type 2 is represented by reference 6', cell type 3 is represented by reference numeral 5', and cell type 4 is represented by cell type 7'.

In accordance with the principles of the present invention, multi-bit values may be assigned to respective ones of the cells. Thus, a Gray code encoding scheme may be established in which cell type 1 represents the bits 00,

2085974

cell type 2 represents the bits 01, cell type 3 represents the bits 11, and cell type 4 represents the bits 10. Alternatively, the various multi-bit cell types may be used to indicate changes in value of multiple bit data. For example, cell type 1 may represent no change in the multi-bit data, cell type 2 may represent complementing the least significant bit only, cell type 3 may represent complementing both bits of data, and cell type 4 may represent complementing the most significant bit only.

For the two bit-per-cell structure of Figures 1 and 2, the read rate and data density for the optical storage media is increased by a factor of 2.

Apart from the varying cell depths, the remaining characteristics of the optical disk structures illustrated in Figures 1 and 2, are consistent with the prior art. For example, the cell sites are approximately 0.6 microns in size, and approximately 0.9 microns apart from cell centre to cell centre. The tracks are spaced approximately 1.6 microns apart, and standard prior art systems are utilized for tracking of data.

Figure 3 is graph showing interference patterns for the different cell types in accordance with the structure of Figures 1 and 2, with an estimated 20% inefficiency caused by diffraction effects and focussing errors for a surface having effective reflectivity of 0.5.

With reference to Figure 4, the effective cell reflectivity for each cell type in the two bit-per-cell embodiment of either of Figure 1 or Figure 2 is shown, including maximum ranges in reflectivity permissible for error free multiple bit decoding. Specifically, cell type 1 is characterized by an effective reflectivity of approximately  $.500 \pm 0.0625$ , cell type 2 is characterized by an effective reflectivity of approximately  $0.375 \pm 0.0625$ , cell type 3 is characterized by an effective reflectivity of approximately  $0.250 \pm 0.0625$ , and cell type 4 is characterized by an effective reflectivity of approximately  $0.125 \pm 0.0625$ .

According to an aspect of the present invention, a method is provided for encoding multiple bit data into a WORM disk via an incremental approach for growing bubbles to characterize cells of different depths. Although not shown,

2085974

the WORM write laser is preferably a laser diode light source with a 0.6 numerical aperture focussing lens. The write laser preferably generates light of suitable laser power dependent on the characteristics of the record medium, in accordance with well known prior art.

Turning to the flow chart of Figure 5, the process for writing multi-bit data per cell to a WORM disk is represented. In step 1, the WORM disk is formatted using standard techniques.

In step 2, software running on the computer to which the WORM drive is attached, maps digital data to the various cell types (1, 2, 3 and 4).

In step 3, the write laser power is set at 1/3 of the power required in order to create a full bubble/pit on a standard 1 bit-per-cell WORM drive. The disk is caused to rotate one revolution and the write laser is pulsed at the appropriate times for exposing cell types 2, 3 and 4 with 1/3 laser power.

In step 4, the write head reads all of the cells 2, 3 or 4 and identifies any cells with excessive threshold values.

In step 5, the laser power is set at 1/8 of the power required to create a full bubble/pit, and all cells identified in step 4 as having excessive threshold value, are exposed to the 1/8 laser power light.

In step 6, all type 3 and 4 cells are exposed to 1/3 power laser light. These cells are then read in order to identify any of the type 3 or 4 cells having excessive threshold value.

In step 8, a fourth write pass is undertaken in which all of the type 3 or 4 cells identified with excessive threshold value are re-exposed with laser power of 1/8.

A similar procedure is undertaken in steps 9, 10 and 11 for creation of the type 4 cells.

As indicated at step 12, following step 11, the writing of data on the WORM drive is complete.

Typical write powers for creating bubbles and pits are in the order of 9 milliwatts. Typical ranges for the frequency of the incident light are 700 nanometres to 900 nanometres. Thus, in accordance with the method discussed above, pits are created having depths on the order of 0,

2085974

$1/3(\lambda/4)$ ,  $2/3(\lambda/4)$  and  $\lambda/4$ . Alternatively, as shown in Figure 2, bubbles may be formed having similar levels of effective reflectivity.

In the case of pits (Figure 1), the size of the pits can be carefully chosen so that the amount of light reflected to the photodetector in the read head from the inside of the pit matches as closely as possible the amount of light reflected back to the photodetector from outside of the pit. Specifically,  $d/b = 0.6$ , for  $\lambda/4$ , where  $d$  is the cell size (ie. recorded pit diameter) and  $b$  is the full width to half maximum of the laser beam diameter. Assuming optimal sizing of the pits, maximum interference occurs at  $\lambda/4$ , causing no light to be returned to the photodetector, whereas a flat surface causes the superpositional constructive interference to result in maximal light being reflected to the photodetector. As discussed with reference to Figure 4, pits with sizes between 0 and  $\lambda/4$  return an amount of light power between the maximum and minimum values.

Since the disk is passed over 9 times during the write cycle, the write cycle for encoding data according to the present invention is slower than normal for a WORM process. As discussed above, laser powers of  $1/3$  and  $1/8$  of the full pit development power are utilized since there are 6 passes where data is written to the disk, each pass further updating the cell structure. Thus, there are 9 passes in all to account for three read passes that verify data is read correctly. Since the 6 write passes and the three read passes allow for two write passes for each type of cell and one read pass for each type of cell, since there are four types of cell, one of which is flat, only three types of cells actually need to be recorded in the media. By allowing 6 write passes, a cell which is not properly formed (ie. not characterized by the correct level of effective reflectivity) after pass  $(3xn)-2$ , should be created after pass  $3xn$ . The read passes occur on passes  $(3xn)-1$ .

As discussed above, as an alternative to encoding multi-bit data in pits or holes of a WORM disc, it is contemplated that multi-bit data can be created in a CD-ROM using masking technology, similar to that used in the fabrication of CMOS VLSI circuits, or by using electron beam

2085974

nano-lithography, such as used in the fabrication of GaAs MESFET VLSI circuits.

In the case of CMOS VLSI design, it is well known to create devices with minimum layer or aspect sizes which are accurate to 0.05 microns (eg. the well known thin oxide rule for polysilicon spacing). Likewise, the feature sizes for devices created by electron beam nano-lithography are approximately one tenth of the size of similar devices fabricated for CMOS VLSI. Since the implementation of the present invention requires dimensional accuracy on the order of  $\lambda/4$  (eg. 0.6 microns), it is clear that the creation of pits of appropriate dimensions is attainable.

Turning to Figure 6, a flow diagram is provided for illustrating the process of reading multi-bit per cell information from CD-ROM, WORM or other optical media, in accordance with the principles of the present invention. The read process described with reference to Figure 6 is valid for both bubble formed and pit formed optical media.

In step 1, a low power read laser beam is incident on the surface of the spinning optical disk. As discussed above, the surface contains cells, each cell depth characteristic being used to represent multiple-bit data. The cells are tracked using standard optical techniques while the disk spins. The different vertical characteristics of the cells cause a modulation in the amount of light returned to the read head.

In the preferred embodiment, there are two bits of data encoded in each cell. In general, the number of cell types on the optical disk is  $2^N$ , where N is the number of bits contained in each cell. For the two bit per cell method, there are four types of cells possible (including the flat cell). Each cell type returns a specific amount of power to the photodetector in the read head, within a predefined range of tolerance.

In step 2, the returned light is detected by a photodetector in the read head and is converted by thresholding into a two-bit code, instead of a one bit code as in the prior art. Such thresholding techniques are standard electronic practices in the art. More particularly, the detected signal is decompressed into a five volt signal (such that maximum signal strength is

represented by 5 volts and minimum signal strength is represented by 0 volts). Decoding is effected by means of determining the voltage range in which the signal resides (e.g. 0-1.25 volts, 1.26-2.5 volts, 2.51-3.75 volts, 3.76-5.0 volts). Then, the appropriate two bit code is assigned to the detected signal.

According to the preferred embodiment, the codes are Gray coded to a base of 5 volts (although any suitable base may be used (eg. 12 volts)), in order to enhance error correction, as shown below with reference to Table 1.

TABLE 1

Voltage	Bit Code
0.00-1.25	00
1.26-2.50	01
2.51-3.75	11
3.76-5.00	10

Turning to Figure 7, experimental results are shown which indicate peak read-out contrast versus phase pit depth where  $d/b = 0.6$  and  $s/b = 1.5$ , where  $d$  denotes the recorded pit diameter,  $b$  denotes the beam diameter and  $s$  denotes the distance between cells.

It has been found experimentally that defocussing effects of the incident laser caused in a pit or bubble do not significantly affect the effective reflectivity unless the vertical displacement is in the order of twice the wavelength. In the case of the present invention, the variation caused by the pit or bubble height is always less than half the wavelength and therefore does not cause any signal contrast degradation.

As discussed above, the principles of the present invention are not limited to a two-bit scenario. Specifically, 3, 4, 5, etc. bits-per-cell can be realized by further dividing the ranges of height for the pits/bubbles and assigning multiple bit values thereto. The maximum allowable bits-per-cell depends on the ability of current technology to support the various ranges of effective reflectivity within error margins.

Although the preferred embodiment involves the writing of data on a WORM drive, to effect multiple bit encoding per cell, CD-ROM mastering provides a more accurate pit forming

method and these techniques can be used to generate multiple encoded cells for use in CD-ROM drives.

Various alternatives and modifications are possible to the present invention. For example, as an alternative to the write process discussed with reference to Figure 5, the 1/8 power laser strikes can be replaced by 1 or 2 passes after the entire disk has been written, with 1 pass before each 1/8 power write pass. This would reduce the number of passes from 9 to 5 or 7.

If the laser power is modulated during the write cycle with sufficient accuracy and speed, then cells can be created in one pass using 1/3, 2/3 and 3/3 laser power which will be set according to the data intended at the striking site (i.e. cell). This can then be followed by the read and write cycles to ensure accuracy. According to this alternative, the possible number of passes may be reduced from 9 to 3 or 5.

With reference to the process for reading pits as discussed in Figure 6, the pit depths were discussed as being 0,  $1/3(\lambda/4)$ ,  $2/3(\lambda/4)$  and  $\lambda/4$  for the preferred embodiment of two bits per cell. It is contemplated that depths of greater than  $\lambda/4$  may be utilized. For example, pit depths of 0,  $\lambda/4 + 1/3(\lambda/4)$ ,  $\lambda/4 + 2/3(\lambda/4)$  and  $\lambda/4$  can be used. In this regard, reference may had to Figure 8. Moreover, the specific depths of the pits may not be limited to the Gray code values discussed in the preferred embodiment. The only condition for the assigning of codes to bit depths or heights, is that the read signal strength returned by a specific cell type must be recognizable by the reader after the thresholding operation. Therefore, any set of pit reflectivities is acceptable provided that the reader is able to identify them via their effective reflectivity after thresholding of the output.

Furthermore, the application of the techniques of the present invention to WORM drives are not limited to the materials described in the preferred embodiment, but rather any materials can be used that are suitable for DRAW medium, or any materials that can be used in a one shot cell creation scenario.

The technique is also applicable to dye-polymer and phase change media. For example, a dye-polymer disk may be

exposed to varying durations of write and erase laser light for producing intermediary levels of effective reflectivity. Likewise, a phase change rewritable disk may be exposed to varying levels of thermal energy for producing intermediate states (ie. states between amorphous and crystalline) which are characterized by intermediate levels of effective reflectivity.

Finally, the speed of data writing, the laser powers, laser types, etc., are all independent of the technique advanced in the present application and can be substituted and used by a person skilled in the art as desired.

All such modifications and variations are believed to be within the sphere and scope of the invention as defined by the claims appended hereto.

The embodiments of the invention in which an exclusive property or privilege is claimed are defined as follows:

1. An optical storage device, comprising a disk having a recording surface for reflecting laser light incident thereon, and a plurality of cells representing stored data, each of said cells being characterized by one of  $2^N$  predetermined levels of effective reflectivity to said laser light, where  $N > 1$  and wherein  $N$  represents the number of bits stored per cell.
2. The optical storage device of claim 1, wherein a first one of said cells is characterized by a first level of effective reflectivity for reflecting a first predetermined amount of said laser light, a second one of said cells is characterized by a second level of effective reflectivity for reflecting a second predetermined amount of said laser light less than said first predetermined amount, a third one of said cells is characterized by a third level of effective reflectivity for reflecting a third predetermined amount of said laser light less than said second predetermined amount, and a fourth one of said cells is characterized by a fourth level of effective reflectivity for reflecting a fourth predetermined amount of said laser light less than said third predetermined amount.
3. The optical storage device of claim 2, wherein said first one of said cells comprises a flat portion of said surface, and said second, third and fourth ones of said cells comprise a plurality of pits in said recording surface having respective depths of approximately  $1/3(\lambda/4)$ ,  $2/3(\lambda/4)$  and  $\lambda/4$ , wherein  $\lambda$  is the wavelength of said laser light.
4. The optical storage device of claim 2, wherein said first one of said cells comprises a flat portion of said surface, and said second, third and fourth ones of said cells comprise a plurality of bubbles having respective curvatures and size characteristics for defining said predetermined levels of effective reflectivity.

5. The optical storage device of claim 3 or 4, wherein the first one of said cells represents the bits 00, the second one of said cells represents the bits 01, the third one of said cells represents the bits 11, and the fourth one of said cells represents the bits 10.

6. The optical storage device of claim 3 or 4, wherein the first one of said cells represents no change in said bits, the second one of said cells represents complementing a least significant one of said bits, the third one of said cells represents complementing both said least significant one of said bits and a most significant one of said bits, and the fourth one of said cells represents complementing said most significant one of said bits.

7. The optical storage device of claim 1, wherein for each of said cells  $d/b = 0.6$  for  $\lambda/4$ , where  $d$  is the diameter of each of said cells and  $b$  is the diameter of said laser light.

8. A method of encoding data into a WORM disk utilizing a laser beam having a wavelength of  $\lambda$ , comprising the steps of:

a) formatting said disc;

b) mapping two-bit data into four cell types designated as cell type 1, cell type 2, cell type 3 and cell type 4, wherein cell type 1 is characterized by a first level of effective reflectivity for reflecting a first predetermined amount of said laser beam, cell type 2 is characterized by a second level of effective reflectivity for reflecting a second predetermined amount of said laser light less than said first predetermined amount, cell type 3 is characterized by a third level of effective reflectivity for reflecting a third predetermined amount of said laser light less than said second predetermined amount, and cell type 4 is characterized by a fourth level of effective reflectivity for reflecting a fourth predetermined amount of said laser light less than said third predetermined amount;

c) setting said laser light at 1/3 of the power required to create a cell having said fourth level of effective reflectivity;

d) simultaneously rotating said disk a first revolution and pulsing said laser light at predetermined times for exposing cell type 2, cell type 3 and cell type 4 with said laser light at 1/3 of the power required to create a cell having said fourth level of effective reflectivity;

e) rotating said disk an additional revolution and reading cell type 2, cell type 3 and cell type 4 and identifying any ones of cell type 2, cell type 3 or cell type 4 having excessive threshold values;

f) simultaneously rotating said disk an additional revolution and pulsing said laser light at predetermined times for exposing predetermined ones of cell type 2, cell type 3 and cell type 4 identified in step e) as having excessive threshold values;

g) simultaneously rotating said disk an additional revolution and pulsing said laser light at predetermined times for exposing cell type 3 and cell type 4 with said laser light at 1/3 of the power required to create a cell having said fourth level of effective reflectivity;

h) rotating said disk an additional revolution and reading cell type 3 and cell type 4 and identifying any ones of said cell type 3 or cell type 4 having excessive threshold values;

i) simultaneously rotating said disk an additional revolution and pulsing said laser light at predetermined times for exposing predetermined ones of cell type 3 and cell type 4 identified in step h) as having excessive threshold values;

j) simultaneously rotating said disk an additional revolution and pulsing said laser light at predetermined times for exposing cell type 4 with said laser light at 1/3 of the power required to create a cell having said fourth level of effective reflectivity;

k) rotating said disk an additional revolution and reading cell type 4 and identifying any ones of said cell type 4 having excessive threshold values; and

l) simultaneously rotating said disk an additional revolution and pulsing said laser light at predetermined

2085974

times for exposing predetermined ones of said cell type 4 identified in step k) as having excessive threshold values.

9. The method of claim 8, wherein said power required to create a cell having said fourth level of effective reflectivity is approximately 9 milliwatts.

10. A method of reading multi-bit per cell information from an optical disk using a low power laser beam having a wavelength of  $\lambda$ , wherein said information is encoded in said disk as four cell types designated as cell type 1, cell type 2, cell type 3 and cell type 4, and wherein cell type 1 is characterized by a first level of effective reflectivity for reflecting a first predetermined amount of said laser beam, cell type 2 is characterized by a second level of effective reflectivity for reflecting a second predetermined amount of said laser beam less than said first predetermined amount, cell type 3 is characterized by a third level of effective reflectivity for reflecting a third predetermined amount of said laser beam less than said second predetermined amount, and cell type 4 is characterized by a fourth level of effective reflectivity for reflecting a fourth predetermined amount of said laser beam less than said third predetermined amount, comprising the steps of:

a) simultaneously rotating said disk and exposing said disk to said low power laser beam causing modulation in the amount of light returned from said disk; and

b) detecting said light returned from said disk and converting said light returned by thresholding into any one of four two-bit codes representing respective ones of said cell types.

11. The method of claim 10, further comprising the step of decompressing said light returned into a range of from a base voltage representing minimal strength of said returned light to a ceiling voltage representing maximum strength of said returned light.

12. The method of claim 11, wherein said thresholding is effected by means of determining in which one of four

2085974

voltage ranges said signal resides, and in response assigning the corresponding one of said four two-bit codes.

13. The method of claim 12, wherein said four voltage ranges and corresponding two-bit codes are as follows:

<u>Voltage</u>	<u>Bit Code</u>
0.00-1.25	00
1.26-2.50	01
2.51-3.75	11
3.76-5.00	10

14. The method of claim 13, wherein said four voltage ranges and corresponding changes to said two-bit codes are as follows:

<u>Voltage</u>	<u>Bit Code</u>
0.00-1.25	no change
1.26-2.50	complement LSB
2.51-3.75	complement LSB and MSB
3.76-5.00	complement MSB

wherein LSB denotes a least significant bit of said two-bit code and MSB denotes a most significant bit of said two-bit code.

2085974

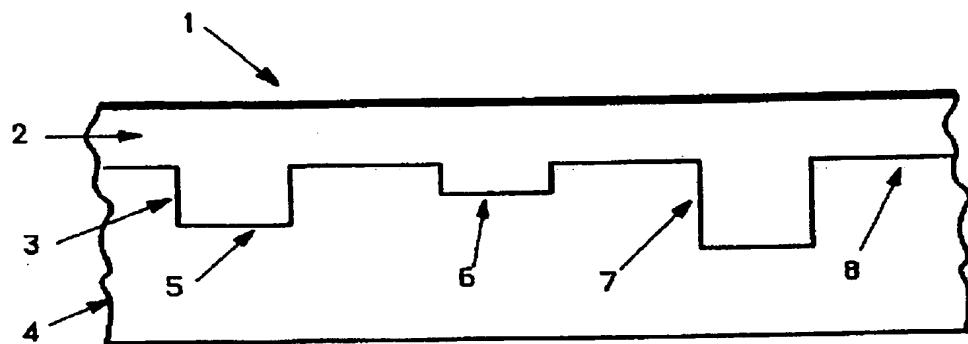


FIG.1.

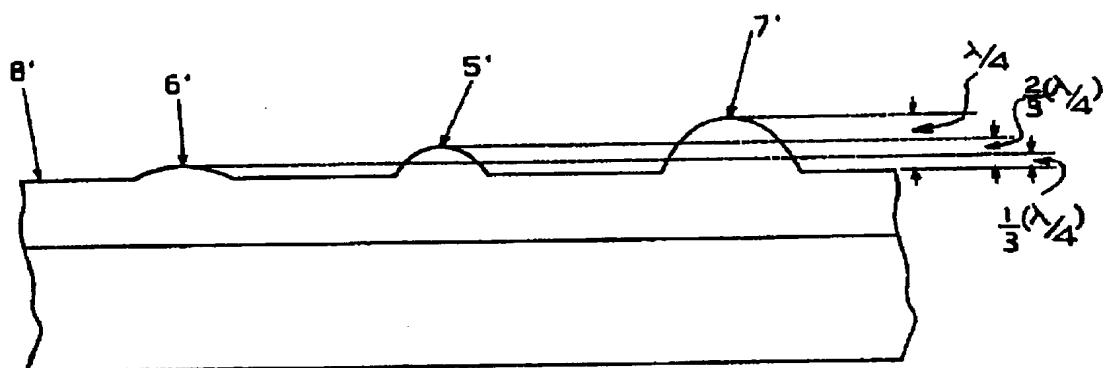


FIG.2.

*R. Saunders*  
PATENT AGENT

2085974

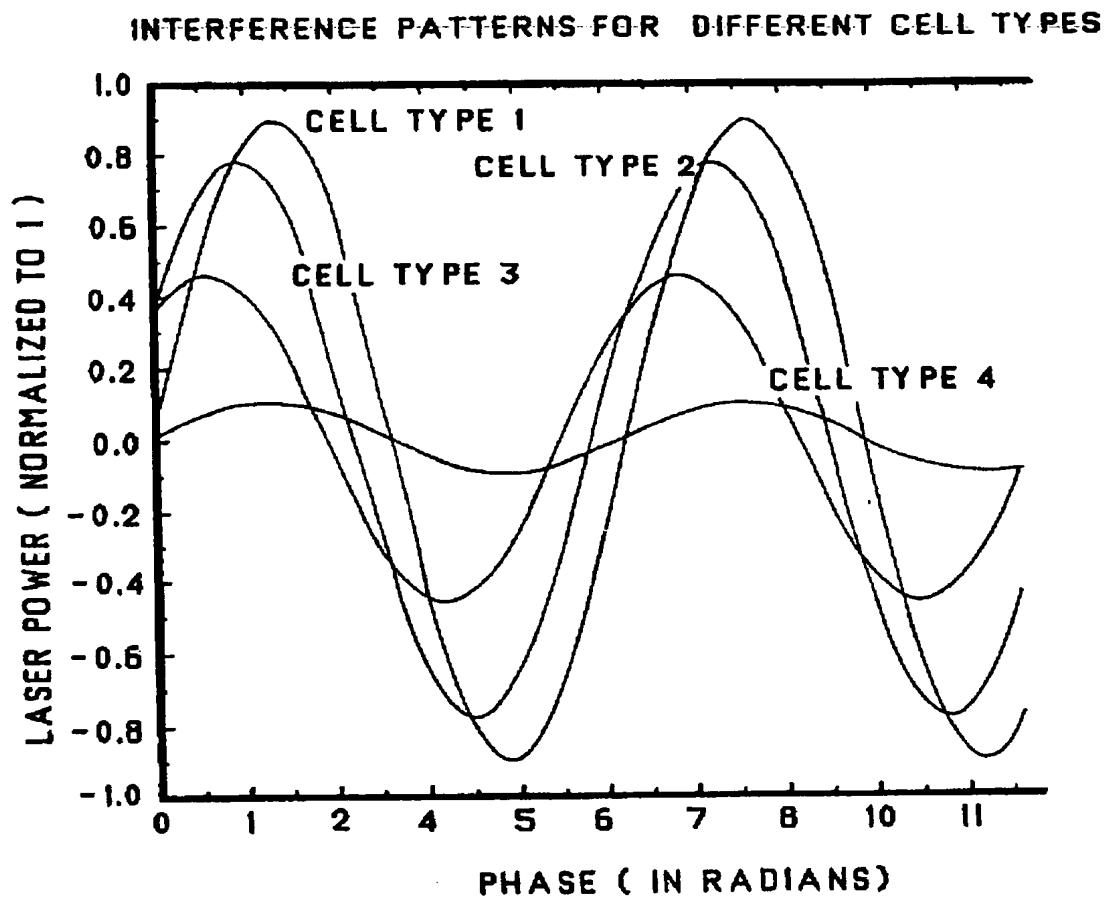


FIG.3.

*Dee Samuels*  
PATENT AGENT

2085974

EFFECTIVE CELL REFLECTIVITY FOR EACH CELL TYPE IN THE 2 BIT PER CELL MODEL

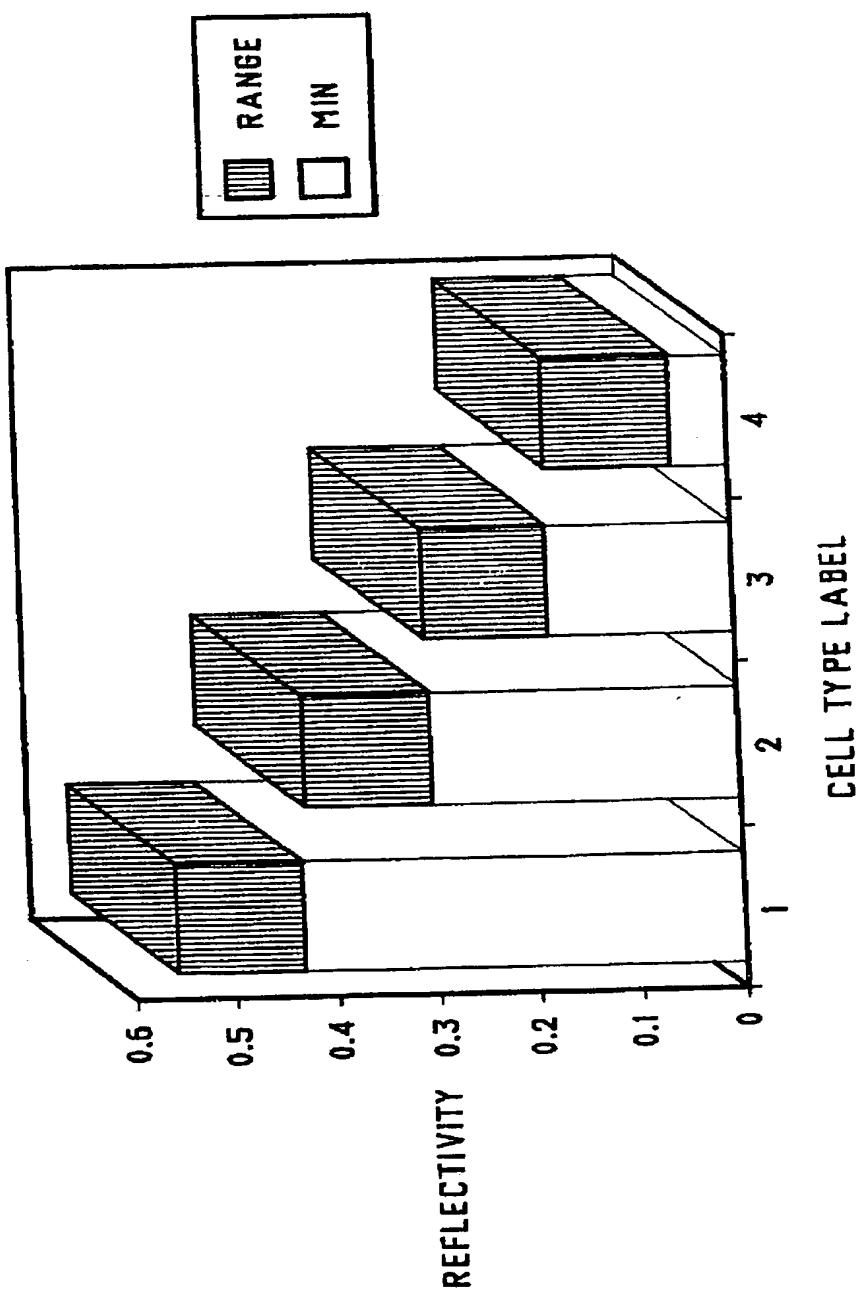


FIG.4.

*J. Saunders*  
PATENT AGENT

2085974

PROCESS FLOW DIAGRAM FOR WRITING MULTI-BIT PER CELL INFORMATION

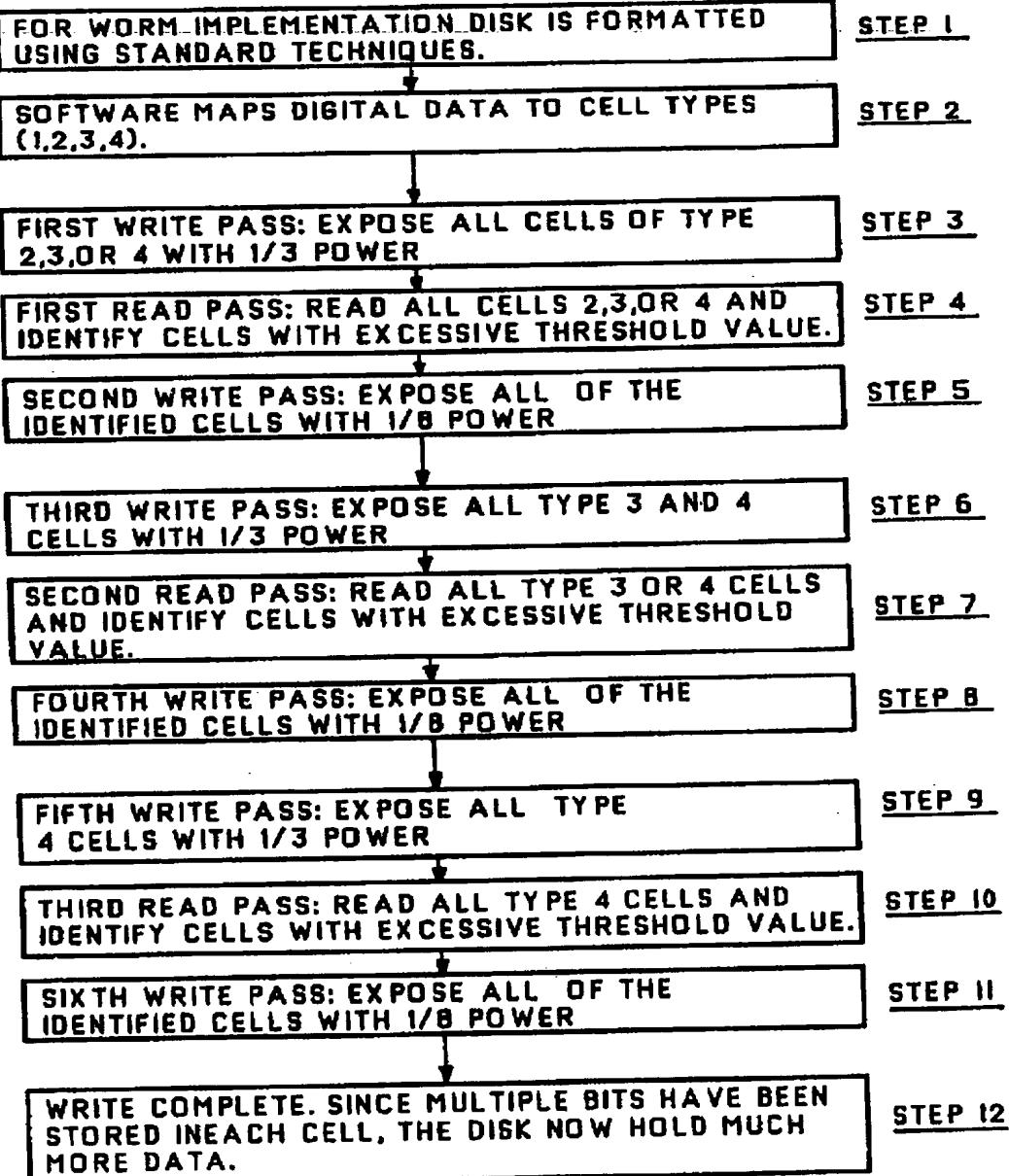
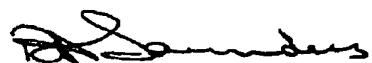


FIG.5.



PATENT AGENT

2085974

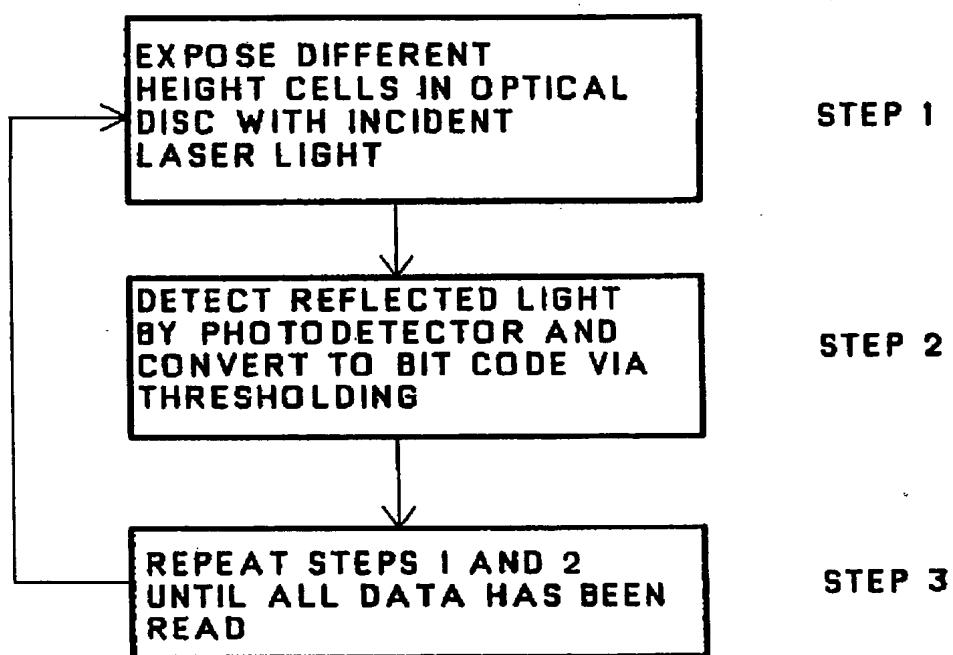


FIG.6.

A handwritten signature in black ink, appearing to read "T. Bannister".

PATENT AGENT

2085974

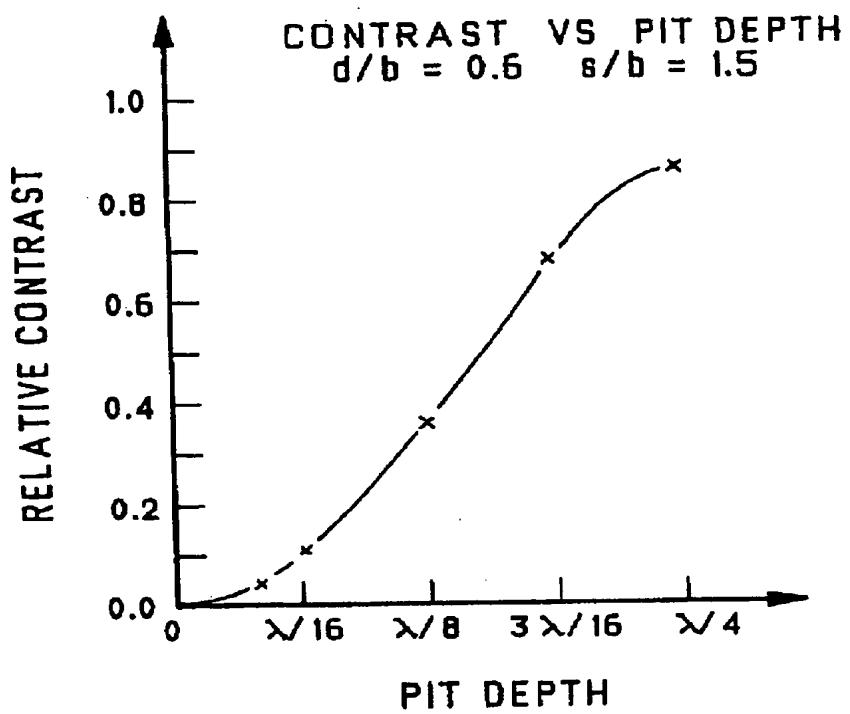


FIG.7.

*John D. Saunders*  
PATENT AGENT

2085974

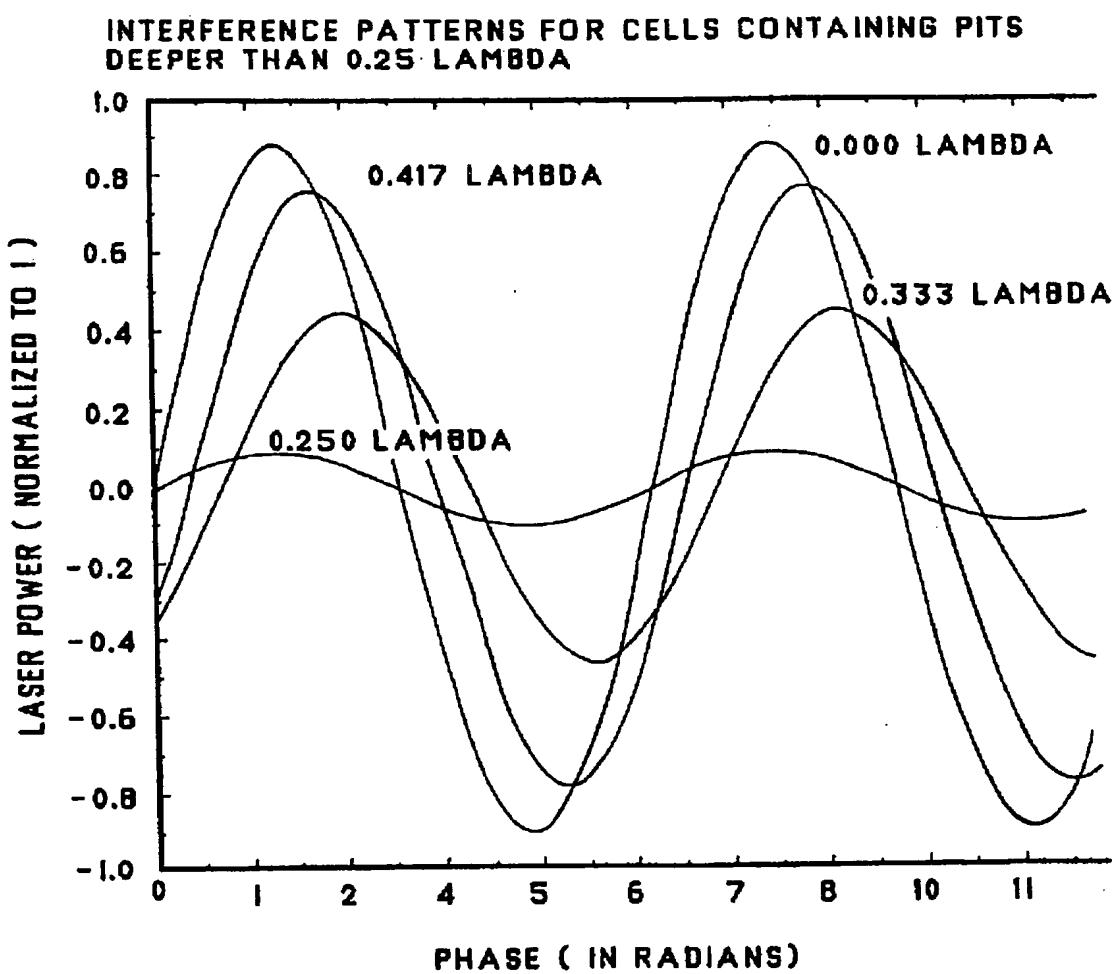


FIG.8.

*James*  
PATENT AGENT

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**